



**Universidade  
de Aveiro  
Ano 2012**

**Departamento de Ambiente e Ordenamento**

Fábio da  
Silva  
Resende

Caracterização do processo de produção de  
pasta de celulose ao sulfito.

Fábio da  
Silva  
Resende

Caracterização do processo de produção de pasta de celulose ao sulfito: caracterização de pasta, efluentes e cargas orgânicas do processo.

Dissertação/relatório de estágio apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Doutor Luís Manuel Guerreiro Alves Arroja, Professor Associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

## **O júri**

Presidente

Prof. Doutora Maria Helena Gomes de Almeida  
Gonçalves Nadais  
professora auxiliar da Universidade de Aveiro.

Prof. Doutor Rui Alfredo da Rocha Boaventura  
investigador principal da Faculdade de Engenharia da  
Universidade do Porto

Professor Doutor Luís Manuel Guerreiro Alves Arroja  
professor associado da Universidade de Aveiro

Mestre António Fernando dos Santos Prates  
companhia de Celulose do Caima

## Agradecimentos

A todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a posterior elaboração deste relatório de estágio. Desde o Eng.º. António Prates, à Dr.<sup>a</sup>. Raquel e ao Sr.º. António e todos os elementos do laboratório e da fábrica. Ao meu orientador pela ajuda sempre válida. E à minha família pelo apoio que me deu nesta nova fase da vida.

## Palavras-chave

Celulose, pasta ao sulfito, carga orgânica, pasta solúvel, pasta papelreira, efluente.

## Resumo

Trabalho de estágio na empresa Celulose do Caima, com objetivo de realizar uma caracterização da pasta e efluentes do processo produtivo. Influência dos dois tipos de produção de pasta – solúvel e papelreira, na carga orgânica associada à pasta e a efluentes associados a todo o processo produtivo. Foram analisadas amostras provenientes das produções de pasta, nos parâmetros CQO, CBO a 5 dias, Azoto Total, Sólidos Suspensos Totais e Teor Matéria Seca.

Como conclusões do trabalho, da caracterização da pasta e efluentes, a maior influência é atribuída à produção de pasta papelreira. Das cargas orgânicas do filtrado da pasta, a maior influência é dada pela produção de pasta papelreira, nos filtrados provenientes das prensas “DPA 921” e “DPA 928”. Já para a produção de pasta solúvel, a maior influência está associada aos equipamentos “Sund 5” e “Sund 4”. No que diz respeito aos efluentes do processo, a maior influência é dada pela produção de pasta papelreira nos efluentes das prensas “DPA 921” e “DPA 928”. Já para os efluentes do equipamento “Sund 5”, a produção de pasta solúvel tem maior influência. Por último nos efluentes que são encaminhados para a estação de tratamento, é aos efluentes associados à produção de pasta papelreira que é atribuído um maior peso na carga orgânica associada.

## Keywords

Pulp, sulfite pulp, organic load, soluble pulp, pulp paper, effluent.

## Abstract

Work placement in the company's Pulp Caima, aiming to make a folder and characterization of wastewater from the production process. Influence of the two types of pulping - soluble and paper industry, the organic load associated with the folder and the effluent involved all the production process. Samples were taken from the production of pulp, the parameters COD, BOD 5 days, Total Nitrogen, Total Suspended Solids and Dry Matter Content.

As conclusions of the work, the characterization of pulp and effluents, the biggest influence is attributed to the production of paper pulp. Organic loading of the filtrate from the folder, the greatest influence is given by the production of paper pulp, in the filtrates from the presses "DPA 921" and "DPA 928." As for the production of pulp soluble, the greatest influence is associated with the equipment, "Sund 5" and "Sund 4". With regard to process effluent, the greatest influence is given by the production of pulp from waste paper in the press "DPA 921" and "DPA 928". As for the effluent of the equipment "Sund 5", the production of soluble folder has the most influence. Finally in the effluents which are directed to the treatment station, the effluent is associated with the production of paper pulp which is assigned a greater weight load associated organ.

# Índice

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XII</b>
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. CELULOSE DO CAIMA .....	3
2.1. <i>História</i> .....	3
2.2. <i>A fábrica de Constância</i> .....	3
2.3. <i>Impactos ambientais</i> .....	4
3. A INDÚSTRIA DE CELULOSE .....	7
3.1. <i>Produção de pasta ao sulfito</i> .....	7
3.1.1. Linha de fibra .....	8
3.1.1.1. Processamento de madeira .....	9
3.1.1.2. Cozimento .....	9
3.1.1.3. Crivagem e Lavagem .....	9
3.1.1.4. Branqueamento .....	10
3.1.1.5. Secagem .....	10
3.1.2. Linha de recuperação química e energética .....	11
3.1.3. Linha de tratamento de efluentes .....	11
4. ESTÁGIO CURRICULAR .....	13
4.1. <i>Amostragem</i> .....	14
4.1.1. Locais de amostragem .....	14
4.1.2. Parâmetros de análise .....	15
5. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS .....	17
5.1. <i>Caracterização de efluentes e pasta</i> .....	18
5.1.1. Parque de Madeiras .....	19
5.1.2. Cozimento .....	19
5.1.3. Crivagem .....	20
5.1.4. Lavagem .....	22
5.1.4.1. Lavador Horizontal .....	22
5.1.4.2. Prensa “DPA 921” .....	23
5.1.4.3. Prensa “DPA 928” .....	24
5.1.5. Branqueamento .....	26
5.1.5.1. “Sund 5” .....	26
5.1.5.2. “Sund 4” .....	27
5.1.6. Secagem .....	28
5.1.7. Evaporação .....	30
5.2. <i>Cargas orgânicas</i> .....	33
5.2.1. Lavador horizontal .....	33
5.2.2. Prensa “DPA 921” .....	35
5.2.3. Prensa “DPA 928” .....	36
5.2.4. “Sund 5” .....	38
5.2.5. “Sund 4” .....	40
5.2.6. Secagem .....	41
5.2.7. Evaporação .....	42
5.3. <i>Balanço material aos equipamentos</i> .....	44
5.3.1. Lavador horizontal .....	44
5.3.2. Prensa “DPA 921” .....	45
5.3.3. Prensa “DPA 928” .....	46

5.3.4.	Equipamento “Sund 5” .....	47
5.3.5.	Equipamento “Sund 4” .....	48
5.4.	<i>Carga orgânica associada aos “Overflows” do processo</i> .....	49
5.5.	<i>Tabelas resumo</i> .....	50
5.5.1.	Lavagem.....	50
5.5.1.1.	Lavador Horizontal .....	51
5.5.1.2.	Prensa “DPA 921” .....	52
5.5.1.3.	Prensa “DPA 928” .....	53
5.5.2.	Branqueamento .....	54
5.5.2.1.	“Sund 5” .....	54
5.5.2.2.	“Sund 4” .....	55
5.5.3.	Secagem .....	56
5.5.4.	Evaporação.....	57
6.	DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....	59
7.	CONCLUSÕES.....	73
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>75</b>
<b>ANEXO A – DADOS NECESSÁRIOS PARA O CÁLCULO DE CARGAS ORGÂNICAS. ....</b>		<b>76</b>



# Lista de símbolos

$C$  – Concentração em termos de CQO, em miligramas de CQO por Litro (mg CQO/L);

$Q_P$  – Caudal de pasta, em metros cúbicos por hora ( $m^3/h$ );

$Q_F$  – Caudal de filtrado da pasta, em metros cúbicos POR hora ( $m^3/h$ );

$C_s$  – Percentagem de matéria seca (%);

$P$  – Produção de pasta típica diária, em toneladas por hora (t/h);

$K$  – Carga orgânica do filtrado da pasta, em quilogramas por hora (kg/h);

$K_P$  – Carga orgânica filtrado da pasta, em quilogramas por tonelada de pasta produzida (kg/t);

$Q_A$  – Caudal de efluente/filtrado adicionado para diluir a pasta, em metros cúbicos por hora ( $m^3/h$ );

$K_A$  – Carga orgânica do efluente/filtrado adicionado para diluir a pasta, em quilogramas por hora (kg CQO/h).

$Q_E$  – Caudal de efluente, em metros cúbicos hora ( $m^3/h$ );

$K_E$  – Carga orgânica do efluente, em quilogramas por hora (kg/h);

$K_P$  – Carga orgânica do efluente, em quilogramas por tonelada de pasta produzida (kg/t);

$Q_w$  – Caudal de efluente “overflow”, em metros cúbicos por hora ( $m^3/h$ );

$K_w$  – Carga orgânica de efluente “overflow”, em quilogramas por hora (kg/h);

$K_{PW}$  – Carga orgânica de efluente “overflow”, em quilogramas por tonelada de pasta produzida (kg/t).

# Lista de abreviaturas

SO<sub>2</sub> – Dióxido de Enxofre;

S – Enxofre;

Mg(HSO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – Bissulfito de Magnésio;

NaOH – Hidróxido de Sódio;

O<sub>2</sub> – Oxigénio;

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – Peróxido de Hidrogénio;

TCF – Totalmente isenta de Cloro;

SO<sub>3</sub> – Trióxido de Enxofre;

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais;

MBBR – Moving Bed Biofilm Reactor;

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono;

CO – Monóxido de Carbono;

COV's – Compostos Orgânicos Voláteis;

AOX – Adsorbable Organohalogens – Compostos orgânicos halogenados absorvíveis;

DTPA – Diethylene Triamine Pentaacetic Acid

CBO<sub>n</sub> – Carência Bioquímica de Oxigénio a n dias;

CQO – Carência Química de Oxigénio;

NT – Azoto Total;

HACH – Hach Company;

IPCC – Integrated Pollution Prevention and Control.

# Lista de Figuras

FIGURA 1 – FOTOGRAFIA DA FÁBRICA <sup>[7]</sup> .....	3
FIGURA 2 – ESQUEMA GLOBAL DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PASTA DE PAPEL AO SULFITO. ....	8
FIGURA 3 – ESQUEMA DA LINHA DE FIBRA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PASTA AO SULFITO. ....	9
FIGURA 4 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DA LINHA DE RECUPERAÇÃO QUÍMICA E ENERGÉTICA. ADAPTADO DE [2]. ....	11
FIGURA 5 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES. ADAPTADO DE [3]. ....	12
FIGURA 6 – CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES REALIZADAS AO LONGO DO ESTÁGIO CURRICULAR. ....	13
FIGURA 7 – DIAGRAMA DO PROCESSO COM INDICAÇÃO DAS AMOSTRAS RECOLHIDAS. ....	17
FIGURA 8 – DIAGRAMA DO PROCESSO COM INDICAÇÃO DAS AMOSTRAS RECOLHIDAS (CONTINUAÇÃO FIGURA 7). ....	18
FIGURA 9 – DIAGRAMA REPRESENTANDO OS CAUDAIS À ENTRADA E SAÍDA DO LAVADOR HORIZONTAL. ....	44
FIGURA 10 – DIAGRAMA REPRESENTANDO OS CAUDAIS À ENTRADA E SAÍDA DA PRENSA “DPA 921” .....	45
FIGURA 11 – DIAGRAMA REPRESENTANDO OS CAUDAIS À ENTRADA E SAÍDA DA PRENSA “DPA 928” .....	46
FIGURA 12 – DIAGRAMA REPRESENTANDO OS CAUDAIS À ENTRADA E SAÍDA DO EQUIPAMENTO “SUND 5” .....	47
FIGURA 13 – DIAGRAMA REPRESENTANDO OS CAUDAIS À ENTRADA E SAÍDA DO EQUIPAMENTO “SUND 4” .....	48

# Lista de Tabelas

TABELA 1 – ÁGUA FORNECIDA AO PARQUE DE MADEIRAS. ....	19
TABELA 2 – EFLUENTE PROVENIENTE DO PARQUE DE MADEIRAS. ....	19
TABELA 3 – MATÉRIA SECA NA AMOSTRA PROVENIENTE DO COZIMENTO.....	19
TABELA 4 – PARÂMETROS ANALISADOS AO FILTRADO DA BOLA DE COZIMENTO. ....	20
TABELA 5 – MATÉRIA SECA NA AMOSTRA DOS NÓS DA CRIVAGEM. ....	20
TABELA 6 – PARÂMETROS ANALISADOS AO FILTRADO PROVENIENTE DOS NÓS DA CRIVAGEM. ....	20
TABELA 7 – MATÉRIA SECA NA AMOSTRA DOS “SHIVES” DA CRIVAGEM. ....	21
TABELA 8 – PARÂMETROS ANALISADOS AO FILTRADO PROVENIENTE DOS "SHIVES" DA CRIVAGEM.....	21
TABELA 9 – MATÉRIA SECA NA AMOSTRA DO CONJUNTO DE SAÍDA DA CRIVAGEM. ....	21
TABELA 10 – PARÂMETROS ANALISADOS AO FILTRADO PROVENIENTE DO CONJUNTO DE SAÍDA DA CRIVAGEM. ....	21
TABELA 11 – MATÉRIA SECA NA AMOSTRA DA PASTA À ENTRADA DO LAVADOR HORIZONTAL. ....	22
TABELA 12 – PARÂMETROS ANALISADOS AO FILTRADO DA PASTA À ENTRADA DO LAVADOR HORIZONTAL. ....	22
TABELA 13 – MATÉRIA SECA NA AMOSTRA DA PASTA À SAÍDA DO LAVADOR HORIZONTAL....	22
TABELA 14 – PARÂMETROS ANALISADOS AO FILTRADO DA PASTA À SAÍDA DO LAVADOR HORIZONTAL. ....	23
TABELA 15 – PARÂMETROS ANALISADOS AO "LICOR FINO" PROVENIENTE DO LAVADOR HORIZONTAL. ....	23
TABELA 16 – MATÉRIA SECA NA AMOSTRA DA PASTA À SAÍDA DA PRENSA "DPA 921". ....	24
TABELA 17 – PARÂMETROS ANALISADOS AO FILTRADO DA PASTA À SAÍDA DA PRENSA “DPA 921”. ....	24
TABELA 18 – PARÂMETROS ANALISADOS AO FILTRADO/EFLUENTE PROVENIENTE DA PRENSA “DPA 921”.....	24
TABELA 19 – MATÉRIA SECA NA AMOSTRA DA PASTA À SAÍDA DA PRENSA “DPA 928”. ....	25
TABELA 20 – PARÂMETROS ANALISADOS AO FILTRADO DA PASTA À SAÍDA DA PRENSA “DPA 928”. ....	25
TABELA 21 – PARÂMETROS ANALISADOS AO FILTRADO/EFLUENTE PROVENIENTE DA PRENSA “DPA 928”.....	25
TABELA 22 – PARÂMETROS ANALISADOS À ÁGUA “FRESCA” UTILIZADA NA PRENSA “DPA 921”. ....	25
TABELA 23 – MATÉRIA SECA NA AMOSTRA DA PASTA À SAÍDA DO “SUND 5”. ....	26
TABELA 24 – PARÂMETROS ANALISADOS AO FILTRADO DA PASTA À SAÍDA DO “SUND 5”.....	26
TABELA 25 – PARÂMETROS ANALISADOS AO FILTRADO/EFLUENTE PROVENIENTE DO “SUND 5”. ....	27
TABELA 26 – MATÉRIA SECA NA AMOSTRA DA PASTA À SAÍDA DO “SUND 4”. ....	27

TABELA 27 – PARÂMETROS ANALISADOS AO FILTRADO DA PASTA À SAÍDA DO “SUND 4”.....	27
TABELA 28 – PARÂMETROS ANALISADOS AO FILTRADO/EFLUENTE PROVENIENTE DO “SUND 4”.....	28
TABELA 29 – PARÂMETROS ANALISADOS AO EFLUENTE DOS HIDROCICLONES. ....	28
TABELA 30 – PARÂMETROS ANALISADOS AO EFLUENTE PROVENIENTE DO TANQUE DE ÁGUAS BRANCAS.....	29
TABELA 31 – PARÂMETROS ANALISADOS AO EFLUENTE PROVENIENTE DO TANQUE DE ÁGUA DAS PRENSAS.....	29
TABELA 32 – PARÂMETROS ANALISADOS À ÁGUA “FRESCA” USADA NO PROCESSO DE SECAGEM.....	29
TABELA 33 – PARÂMETROS ANALISADOS AO CONDENSADO “LIMPO 1009”.....	30
TABELA 34 – PARÂMETROS ANALISADOS AO CONDENSADO “LIMPO 2001”.....	30
TABELA 35 – PARÂMETROS ANALISADOS AO CONDENSADO “SUJO”.....	31
TABELA 36 – MATÉRIA SECA NO LICOR CONCENTRADO.....	31
TABELA 37 – PARÂMETROS ANALISADOS AO LICOR CONCENTRADO.....	31
TABELA 38 – AMOSTRA DA LAVAGEM DE EFEITO COM HIDRÓXIDO DE SÓDIO. ....	32
TABELA 39 – PARÂMETROS ANALISADOS À AMOSTRA DE LAVAGEM DE EFEITO COM ÁCIDO NÍTRICO. ....	32
TABELA 40 – CARGA ORGÂNICA DO FILTRADO DA PASTA À ENTRADA DO LAVADOR HORIZONTAL. ....	51
TABELA 41 – CARGA ORGÂNICA DO FILTRADO DA PASTA À SAÍDA DO LAVADOR HORIZONTAL. ....	51
TABELA 42 – CARGA ORGÂNICA DO “LICOR FINO” TOTAL OBTIDO DO LAVADOR HORIZONTAL. ....	51
TABELA 43 – CARGA ORGÂNICA DO “LICOR FINO” RECIRCULADO.....	51
TABELA 44 – CARGA ORGÂNICA DO “LICOR FINO” ENCAMINHADO PARA A EVAPORAÇÃO.....	52
TABELA 45 – CARGA ORGÂNICA DO FILTRADO DA PASTA À ENTRADA DA PRENSA “DPA921”.....	52
TABELA 46 – CARGA ORGÂNICA DO FILTRADO DA PASTA À SAÍDA DA PRENSA “DPA 921”.....	52
TABELA 47 – CARGA ORGÂNICA DO FILTRADO/EFLUENTE OBTIDO DA PRENSA “DPA 921”.....	52
TABELA 48 – CARGA ORGÂNICA DO FILTRADO DA PASTA À ENTRADA DA PRENSA “DPA928”.....	53
TABELA 49 – CARGA ORGÂNICA DO FILTRADO DA PASTA À SAÍDA DA PRENSA “DPA 928”.....	53
TABELA 50 – CARGA ORGÂNICA DO FILTRADO OBTIDO DA PRENSA “DPA 928”.....	53
TABELA 51 – CARGA ORGÂNICA DO “OVERFLOW” DA PRENSA “DPA 928”.....	53
TABELA 52 – CARGA ORGÂNICA DO FILTRADO DA PASTA À ENTRADA DO “SUND 5”.....	54
TABELA 53 – CARGA ORGÂNICA DO FILTRADO DA PASTA À SAÍDA DO “SUND 5”.....	54
TABELA 54 – CARGA ORGÂNICA DO FILTRADO OBTIDO DO “SUND 5”.....	54
TABELA 55 – CARGA ORGÂNICA DO “OVERFLOW” DO “SUND 5”.....	55
TABELA 56 – CARGA ORGÂNICA DO FILTRADO DA PASTA À ENTRADA DO “SUND 4”.....	55
TABELA 57 – CARGA ORGÂNICA DO FILTRADO DA PASTA À SAÍDA DO “SUND 4”.....	55
TABELA 58 – CARGA ORGÂNICA DO FILTRADO OBTIDO DO “SUND 4”.....	55
TABELA 59 – CARGA ORGÂNICA DO “OVERFLOW” DO “SUND 4”.....	56
TABELA 60 – CARGA ORGÂNICA DO EFLUENTE DOS HIDROCICLONES.....	56

TABELA 61 – CARGA ORGÂNICA DO EFLUENTE DENOMINADO “ÁGUAS BRANCAS”.....	56
TABELA 62 – CARGA ORGÂNICA DO EFLUENTE DENOMINADO “ÁGUA DAS PRENSAS”.....	57
TABELA 63 – CARGA ORGÂNICA DO CONDENSADO “LIMPO 1009”.....	57
TABELA 64 – CARGA ORGÂNICA DO CONDENSADO “LIMPO 2001”.....	57
TABELA 65 – CARGA ORGÂNICA DO CONDENSADO “SUJO”.....	57
TABELA A1 – VALORES DE CONSISTÊNCIA DA PASTA PARA A AMOSTRAGEM REALIZADA NO DIA 16 DE ABRIL.....	76
TABELA A2 – VALORES DE CONSISTÊNCIA DA PASTA PARA A AMOSTRAGEM REALIZADA NO DIA 6 DE JUNHO.....	76
TABELA A3 – CAUDAL DE FILTRADO/EFLUENTE PROVENIENTE DA PRENSA "DPA 921" INTRODUZIDO NO LAVADOR HORIZONTAL.....	76
TABELA A4 – CAUDAL DE FILTRADO/EFLUENTE PROVENIENTE DA PRENSA "DPA 928" E ÁGUA “FRESCA” INTRODUZIDO NA PRENSA “DPA 921”.....	76
TABELA A5 – CAUDAL DE ÁGUA FRESCA INTRODUZIDA NA PRENSA “DPA 928”.....	76
TABELA A6 – CAUDAL DE FILTRADO/EFLUENTE PROVENIENTE DO EQUIPAMENTO “SUND 4” INTRODUZIDO NO EQUIPAMENTO “SUND 5”.....	76
TABELA A7 – CAUDAL DE FILTRADO/EFLUENTE DENOMINADO “ÁGUAS BRANCAS” PROVENIENTE DO PROCESSO DE SECAGEM INTRODUZIDO NO EQUIPAMENTO “SUND 4”.....	77
TABELA A8 – VALOR TÍPICO DE PRODUÇÃO DE PASTA.....	77
TABELA A8 – VALOR TÍPICO DE CAUDAL DE EFLUENTE PROVENIENTE DOS HIDROCICLONES DO PROCESSO DE SECAGEM.....	77
TABELA A9 – VALOR TÍPICO DE CAUDAL DE EFLUENTE DENOMINADO “ÁGUAS BRANCAS” PROVENIENTE DO PROCESSO DE SECAGEM.....	77
TABELA A10 – VALOR TÍPICO DE CAUDAL DE EFLUENTE DENOMINADO “ÁGUA DA PRENSA” PROVENIENTE DAS PRENSAS HÚMIDAS DO PROCESSO DE SECAGEM.....	77

# 1. Introdução

Tendo em conta as necessidades atuais e a situação em que o país se encontra, uma oportunidade para concluir uma fase da vida em contacto direto com o que, muito provavelmente será o destino posterior, tem de ser encarado como algo muito positivo. Nesse contexto a oportunidade de concluir o mestrado em Engenharia do Ambiente pela Universidade de Aveiro, realizando um estágio curricular no âmbito da tese de mestrado, foi encarado por mim como algo de grande importância. A entidade que me recebeu para a realização desse estágio foi a empresa Celulose do Caima, localizada no concelho de Constância. A oportunidade de realizar este estágio curricular foi um entendimento que veio beneficiar ambas as entidades envolvidas, Universidade de Aveiro, mais concretamente o curso de Engenharia do Ambiente, o aluno, e a empresa Celulose do Caima. O objetivo do estágio foi definido de acordo com as necessidades da empresa, assim como todas as atividades realizadas no seu âmbito.

A formação em Engenharia do Ambiente pela Universidade de Aveiro <sup>[6]</sup> é definida com tendo o objetivo de “formar técnicos capazes de diagnosticar, prever e caracterizar problemas e disfunções ambientais, e de propor soluções para os evitar e resolver, de um modo técnico e financeiramente viável”. Nesse âmbito uma indústria de pasta de celulose, como qualquer outra indústria, é um lugar onde o engenheiro do ambiente tem competências para dar o seu contributo, em termos de melhorias do seu desempenho ambiental, mas também económico.

A indústria da pasta de celulose e do papel teve, desde o seu início na década de 60 até a atualidade, um crescimento em Portugal. Os investimentos realizados ao longo das últimas décadas refletem a importância deste sector industrial para a economia portuguesa. Como qualquer indústria, durante a sua normal atividade, desenvolve impactos de vários âmbitos. Em termos ambientais a indústria da pasta de celulose e do papel é uma grande consumidora de recursos naturais como madeira, água e energia, assim como a responsável por descargas para o meio hídrico, mas também para a atmosfera. No entanto com o passar dos anos as indústrias foram se desenvolvendo e, aliadas às exigências em termos ambientais, as suas emissões foram reduzidas <sup>[1]</sup>.

Nas sociedades desenvolvidas, as necessidades humanas de papel são elevadas, com as mais variadas utilizações, nomeadamente jornais e revistas, embalagens, papel de embrulho entre outras. A Europa é a segunda grande produtora e consumidora de papel, logo atrás da América do Norte, tendo uma contribuição

significativa na produção de pasta, com uma produção anual a rondar as 35 milhões de toneladas e representando 1/5 das necessidades mundiais anuais. Na Europa o país com maior consumo é a Alemanha, seguido do Reino Unido e da França. Em termos de produção de pasta de papel os maiores produtores são a Finlândia e a Suécia <sup>[1]</sup>.

O principal objetivo do trabalho realizado no âmbito do estágio foi uma caracterização geral dos dois tipos de pasta produzidos, pasta solúvel e pasta papeleira, mas também a caracterização dos efluentes do processo, na produção dos dois tipos diferentes de pasta. O destino final e o impacto desses efluentes no meio ambiente também são referidos. A caracterização da pasta e efluentes envolve a elaboração de balanços de cargas orgânicas a todo o processo, através do qual é possível quantificar as cargas orgânicas, assim como a sua origem. A carga orgânica é definida como a quantidade de matéria orgânica expressa em massa por unidade de tempo, transportada ou lançada num meio recetor, sendo ele meio natural ou estação de tratamento de águas residuais.



## 2. Celulose do Caima

### 2.1. História

A empresa é fundada em 1888 com o objetivo de produzir pasta crua ao sulfito, usando pinho local. A fábrica é construída junto ao rio Caima em Albergaria. Após alguns anos e com experiência acumulada, o pinho deu lugar ao eucalipto, pois esta é espécie bem adaptada ao nosso clima, de mais fácil refinação e com boa aceitação por parte dos papaleiros. A fábrica de Albergaria foi a primeira do género construída fora da Suécia e a primeira do mundo a produzir fibra de eucalipto <sup>[3]</sup>.

### 2.2. A fábrica de Constância

Em 1960 iniciou-se a construção da fábrica de Constância situada num local privilegiado no fornecimento de madeira. Possui uma autossuficiência de matéria-prima de 60%, tendo sido sucessivamente dotada de melhoramentos tecnológicos tais como <sup>[3]</sup>:

- Mudança da base cálcio para magnésio;
- Instalação de uma nova Caldeira de Recuperação;
- Instalação de um Precipitador Eletrostático e de um Recuperador de Dióxido de Enxofre no circuito de gases da Caldeira;
- Branqueamento de Pasta TCF;
- Nova linha de Formação e Secagem da Pasta.

Estas melhorias implementadas contribuíram para diminuir os impactos ambientais do processo produtivo e desde logo uma redução na emissão de poluentes atmosféricos <sup>[3]</sup>.



**Figura 1** – Fotografia da fábrica <sup>[7]</sup>.

A indústria foi pioneira em Portugal, no sector da celulose, no tratamento de águas residuais, pois possui no seu recinto uma ETAR para tratamento dos seus efluentes fabris e também dos efluentes domésticos da vila de Constância. A fábrica possui uma Estação de Tratamento Anaeróbio, que produz gás metano equivalente ao necessário para abastecer diariamente uma população de 40 000 habitantes. Esta energia é transformada em energia elétrica pela fábrica <sup>[3]</sup>.

A capacidade de produção anual instalada na fábrica é de 110 000 toneladas de pasta de celulose do tipo TCF. O mercado externo é o principal recetor da produção com cerca de 85%, com os restantes 15% destinados ao mercado interno <sup>[3]</sup>.

## 2.3. Impactos ambientais

Os impactos ambientais associados a uma indústria de produção de pasta ao sulfito são essencialmente o consumo de matérias-primas e as descargas para o meio ambiente, mas também a produção de resíduos sólidos e o ruído. Em termos de consumos destacam-se o consumo de madeira, o consumo de água, consumo de energia e o recurso a uma grande variedade de químicos. No que diz respeito às descargas para o meio ambiente destaca-se as emissões atmosféricas de NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, assim como um penacho visível. Em menores quantidades mas também existentes a emissão de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO) e COV's (Compostos Orgânicos Voláteis). No que diz respeito ao meio hídrico, destacam-se as emissões de compostos orgânicos, mas também de sólidos, azoto, fósforo e metais pesados. Os químicos utilizados no processo são o NaOH, o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, o Enxofre sobre a forma de S ou de SO<sub>2</sub>, o MgO, o O<sub>2</sub> e também o ácido DTPA – Diethylene Triamine Pentaacetic Acid <sup>[1]</sup>.

Dentro do processo produtivo as emissões para meio hídrico têm varias origens, destacando-se os efluentes do processo de branqueamento e de evaporação, mas também algumas perdas com origem no processo de lavagem. Em termos de emissões para a atmosfera destacam-se as emissões de S que têm origens muito variadas, desde os digestores do processo de cozimento, o blow tank, o processo de lavagem e branqueamento e os tanques de licor. Estes gases são encaminhados para a cadeira de recuperação <sup>[1]</sup>.

Em termos de mitigação dos impactos ambientais da indústria de pasta de papel, uma das medidas importante e usuais na Europa a partir de meados dos anos 90, foi também aplicada na Celulose do Caima. Essa medida foi dotar o branqueamento totalmente livre de cloro, produzindo assim uma pasta totalmente isenta de cloro

(TCF). O aplicar desta medida foi importante devido à perigosidade destes compostos para o meio ambiente. Outra das medidas aplicadas como o objetivo de mitigar os impactos ambientais foi a instalação de um Precipitador Eletrostático e de um Recuperador de Dióxido de Enxofre ( $\text{SO}_2$ ) no circuito de gases da Caldeira. Esta medida visa mitigar a emissão de compostos, como  $\text{SO}_2$ , NO,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  para a atmosfera, assim como a recuperação de químicos utilizados no processo.

*Caracterização do processo de produção de pasta de celulose ao sulfito: caracterização de pasta, efluentes e cargas orgânicas do processo.*

### 3. A indústria de celulose

O papel como o conhecemos hoje em dia existe há mais de 200 anos. Na Europa o consumo de papel e derivados está relacionado com o modo de vida da população e, sendo este um continente constituído maioritariamente por países desenvolvidos, é espectável que o consumo seja próximo da média mundial <sup>[1]</sup>.

A celulose é o componente essencial para a produção de papel. A pasta de celulose, que posteriormente é utilizada na produção de papel, é produzida de diversas formas, desde processos químicos, mecânicos e químico-mecânicos, cada um com características específicas. Dentro dos processos químicos existem o processo kraft e o processo ao sulfito. Em termos mundiais o processo kraft é o método químico mais utilizado na produção de pasta de celulose <sup>[14]</sup>.

A matéria-prima essencial para a indústria de celulose é a madeira. A sua constituição é de cerca de 50% de água e uma fração sólida tipicamente constituída por 45% de celulose, 25% de hemicelulose e 25% de lenhina <sup>[2]</sup>. A madeira pode ser estruturalmente comparada a um pilar de betão armado. As fibras de celulose funcionam como a armação de ferro e a lenhina comparada ao betão <sup>[5]</sup>.

Na produção da pasta de papel o constituinte de interesse é a celulose. Sendo o papel uma mistura de fibras de celulose e químicos, a base do processo de produção de pasta de papel é então a extração da celulose da madeira. A lenhina é o componente a eliminar, pois é o responsável pela cor amarelada de alguns papéis. Este procedimento é efetuado no processo de cozimento e branqueamento. Uma parte da lenhina é removida durante o cozimento e outra oxidada durante o branqueamento, pois só assim é possível garantir um elevado rendimento e resistência da pasta <sup>[5]</sup>.

As principais propriedades físicas e químicas da celulose são <sup>[2]</sup>:

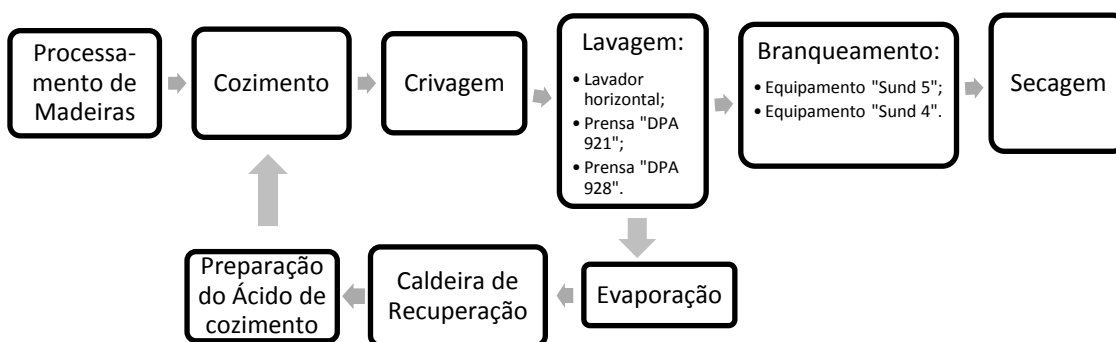
- Insolubilidade em água;
- Estrutura ordenada;
- Grande resistência à tração;
- Elevado grau de brancura;
- Boa resistência à temperatura até 120°C.

#### 3.1. Produção de pasta ao sulfito

O processo de produção de pasta ao sulfito utiliza o Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>) e um elemento químico que pode ser cálcio, sódio ou magnésio, com o objetivo de ser utilizado como “ácido de cozimento”. A escolha do elemento químico a utilizar tem

impacto em termos de recuperação química, sendo que dos três compostos, apenas o uso de cálcio não permite a sua posterior recuperação. Nas indústrias europeias o elemento químico utilizado é o magnésio <sup>[2]</sup>.

A produção de pasta ao sulfito consiste em três linhas: a linha de fibra, a linha de recuperação química e energética, e a linha de tratamento de efluentes. Em termos globais o processo inicia-se com a receção da madeira em parque. Posteriormente esta madeira sofre um processo que envolve o cozimento, a crivagem, a lavagem, o branqueamento e a secagem até obter o produto final. Paralelamente ao processo de produção de pasta, o processo de preparação do ácido que é utilizado no processo de cozimento, envolve processos de evaporação de um efluente do processo produtivo <sup>[2]</sup>. No esquema seguinte está representado o processo global da produção de pasta <sup>[2]</sup>.



**Figura 2 – Esquema global do processo de produção de pasta de papel ao sulfito.**

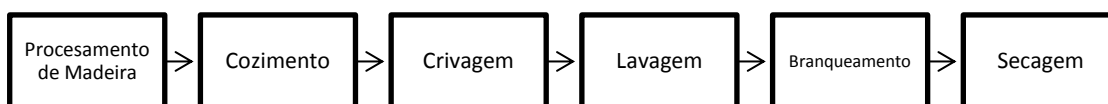
Como qualquer processo de produção de pasta de papel, o processo de produção de pasta ao sulfito possui um conjunto de limitações das quais se destacam <sup>[2]</sup>:

- As propriedades da pasta em geral não são tão boas como as do processo kraft de produção de pasta. No entanto em pastas específicas essas propriedades podem ser iguais ou até melhores;
- Os problemas ambientais são mais complexos e diminuem a competitividade em termos económicos em relação ao processo kraft.

Na Celulose do Caima o processo de produção de pasta é o processo ao sulfito.

### 3.1.1. Linha de fibra

A linha de fibra do processo de produção de pasta ao sulfito é constituída pelas seguintes etapas: processamento de madeira, cozimento, crivagem, lavagem, branqueamento e secagem <sup>[2]</sup>, de acordo com o esquema representado na Figura 3.



**Figura 3** – Esquema da linha de fibra do processo de produção de pasta ao sulfito.

#### 3.1.1.1. Processamento de madeira

A madeira é rececionada em rolos, com diferentes origens, passando por um processo de aceitação. É armazenada em pilhas, pronta para ser utilizada. No início os rolos são descascados e destrocados sendo transformados em estilhas (pequenas quantidades de madeira). A estilha é então crivada, com o objetivo de garantir a qualidade da estilha, essencialmente garantir a uniformidade em termos de tamanho. Após este processo a madeira sobre a forma de estilhas é encaminhada para o processo de cozimento ou armazenada para posterior utilização. As cascas e outros materiais que não são utilizáveis no processo são queimados na central de biomassa para produção de energia <sup>[2]</sup>.

#### 3.1.1.2. Cozimento

No processo de cozimento as estilhas de madeira e o ácido de cozimento – Bissulfito de Magnésio –  $\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$  são colocados em digestores do tipo batch, onde o cozimento tem lugar a elevada pressão e temperatura. A quantidade de ácido de cozimento utilizada é determinada pelo seu conteúdo em  $\text{SO}_2$  total,  $\text{SO}_2$  combinado,  $\text{SO}_2$  livre e Óxido de Magnésio ( $\text{MgO}$ ), sendo o agente ativo do cozimento o  $\text{SO}_2$  livre. O objetivo deste procedimento é dissolver a lenhina existente na madeira, permitindo a separação da celulose sem a degradar. Do processo de cozimento da madeira obtém-se uma fase sólida – a pastade celulose e uma fase líquida – o licor. Quando é atingida uma fração específica de lenhina, o conteúdo é despejado no tanque de armazenamento chamado – blow tank. O processo de cozimento termina quando ainda existe uma quantidade considerável de lenhina pois, um prolongado período de cozimento, necessário para remover toda a lenhina, leva a uma redução na resistência da pasta. A restante lenhina é removida no processo de branqueamento <sup>[4]</sup>.

#### 3.1.1.3. Crivagem e Lavagem

O processo de crivagem e lavagem da pasta tem como objetivo remover nós da madeira que não reagiram no processo de cozimento, assim como a recuperação de fibras recorrendo a crivos de nós e fluxos de licor. Os nós são encaminhados para a

central de biomassa, onde são incinerados tendo como objetivo a recuperação energética <sup>[2]</sup>.

A lavagem da pasta é um processo necessário dado que, a pasta descarregada dos digestores contém ácido de cozimento e lenhina dissolvida da madeira. Estas substâncias, pasta e ácido devem ser separadas por razões ambientais e económicas. Em termos ambientais o objetivo é que a lavagem seja o mais completa possível, produzindo assim a menor quantidade possível de filtrado. Em termos económicos pretende-se a recuperação dos químicos de cozimento e branqueamento <sup>[5]</sup>. A lavagem é efetuada recorrendo a um lavador horizontal com 6 estágios e 2 estágios consequentes recorrendo a prensas <sup>[13]</sup>. É neste processo que se obtém o chamado “licor fino” que posteriormente sofre um processo de evaporação e consequente utilização para produção de energia <sup>[5]</sup>.

#### 3.1.1.4. Branqueamento

O processo de branqueamento da pasta consiste essencialmente em métodos de remoção da lenhina, através de 2 estágios com adição de químicos. Neste processo é removida a restante lenhina minimizando o impacto na redução do rendimento da pasta. No primeiro estágio a pasta é aquecida até 60-80°C e é adicionado Hidróxido de Sódio (NaOH), Oxigénio (O<sub>2</sub>) e Peróxido de Hidrogénio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Este primeiro estágio reduz a percentagem de lenhina em cerca de 50%. De seguida a pasta é lavada e conduzida a uma prensa com o objetivo de remover substâncias indesejáveis. No segundo estágio de branqueamento, é adicionado à pasta NaOH e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. No final a pasta é diluída e novamente lavada. O processo de branqueamento utiliza unicamente químicos isentos de cloro, sendo classificada como pasta Totalmente Isenta de Cloro (TCF) <sup>[2]</sup>.

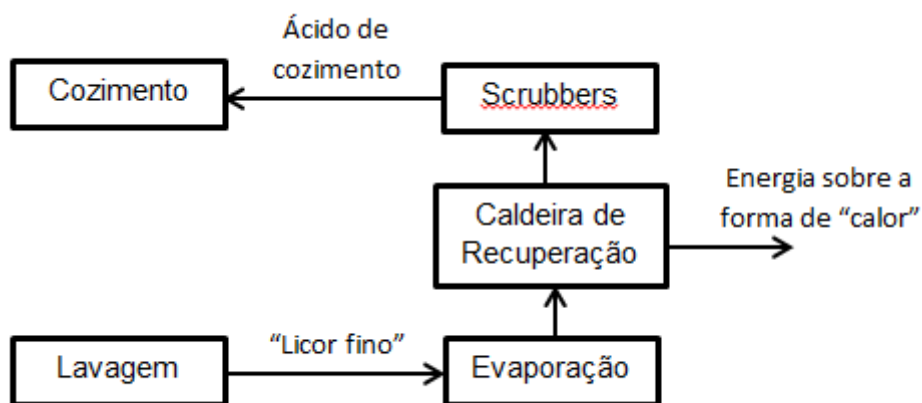
#### 3.1.1.5. Secagem

Após o processo de branqueamento a pasta sofre um processo de depuração através de hidrociclones compostos por cinco estágios, onde a depuração é efetuada por diferença de densidades. Após este processo de depuração a pasta é diluída e alimentada a um formador do tipo dupla tela onde se inicia a formação da folha e a drenagem da água. Com recurso a três prensas de feltros e, sendo um processo puramente mecânico, a folha atinge uma secura superior a 50%. De seguida a folha sofre uma secagem final com recurso a vapor, sendo posteriormente cortada e armazenada em fardos <sup>[13]</sup>.



### 3.1.2. Linha de recuperação química e energética

O objetivo desta linha é, através de recuperação química, obter os químicos necessários ao processo. Este processo é chamado de evaporação, em que o “licor fino” obtido pelo processo de lavagem da pasta, é evaporado e concentrado. Nesta fase são formados Óxido de Magnésio ( $MgO$ ) e Dióxido de Enxofre ( $SO_2$ ). O Óxido de Magnésio é separado em electrofiltros e convertido em Hidróxido de Magnésio ( $Mg(OH)_2$ ) por dissolução em água. Este é utilizado, com recurso a scrubbers, para absorção de  $SO_2$  e Trióxido de Enxofre ( $SO_3$ ). O líquido obtido é sedimentado e filtrado, sendo ainda adicionado uma dose de  $SO_2$ . A recuperação energética consiste no aproveitamento da energia existente sobre a forma de calor, que resulta da incineração dos licores concentrados existentes na caldeira de recuperação <sup>[2]</sup>.

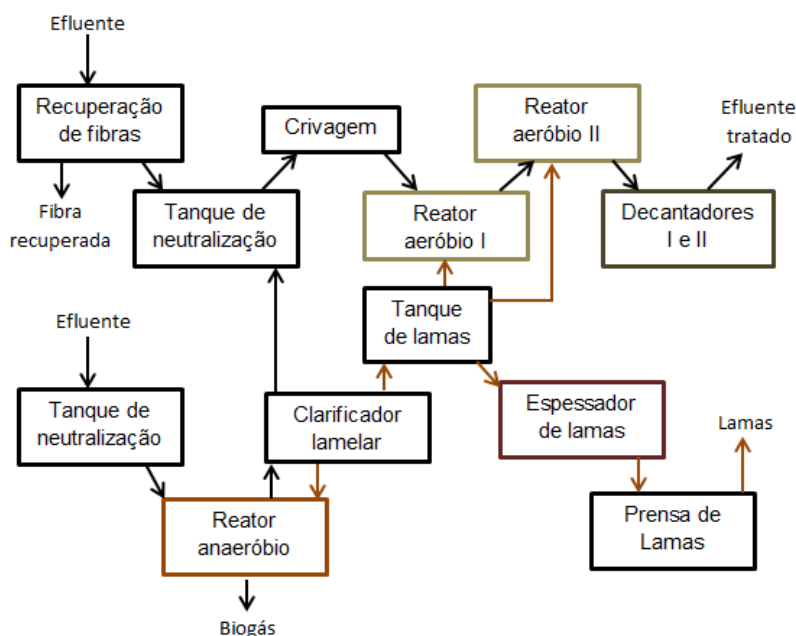


**Figura 4** – Esquema simplificado da linha de recuperação química e energética. Adaptado de [2].

### 3.1.3. Linha de tratamento de efluentes

A celulose do Caima possui uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) para tratamento dos seus efluentes, procedendo também à receção e tratamento do efluente doméstico da vila de Constância. A ETAR funciona recorrendo ao tratamento aeróbio e anaeróbio, dispondo para isso de um reator anaeróbio e dois aeróbios, de acordo com o esquema representado na Figura 5. Do seu efluente global, os condensados “limpos” da evaporação são sujeitos a tratamento anaeróbio e os efluentes com fibras são encaminhados para um recuperador de fibras. Os efluentes com fibras são posteriormente alimentados ao tratamento aeróbio, após sofrer um processo de tratamento primário. Os efluentes provenientes da prensa “DPA 921” e equipamentos “Sund 5” e “Sund 4” sofrem tratamento aeróbio. <sup>[13]</sup>.

No tratamento aeróbio o efluente, após passar pelo tanque de recuperação de fibras, segue para um tanque de neutralização, onde é adicionada cal e nutrientes. Este tanque de neutralização recebe também o efluente doméstico. Daí sofre crivagem com objetivo de remoção de materiais indesejáveis, segue para o primeiro reator aeróbio e posteriormente para o segundo reator aeróbio. O primeiro reator é constituído por três compartimentos distintos. Os dois primeiros são do tipo MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor), sendo por isso providos de peças de enchimento de plástico onde se promove o crescimento da biomassa. O terceiro compartimento funciona como um seletor de lamas ativadas onde é feita a recirculação de lamas. Estes compartimentos são arejados com ar proveniente de compressores. O 2º reator funciona com arejamento prolongado, utilizando 6 arejadores superficiais e oxigénio líquido <sup>[13]</sup>.



**Figura 5** – Esquema simplificado do processo de tratamento de efluentes. Adaptado de [3].

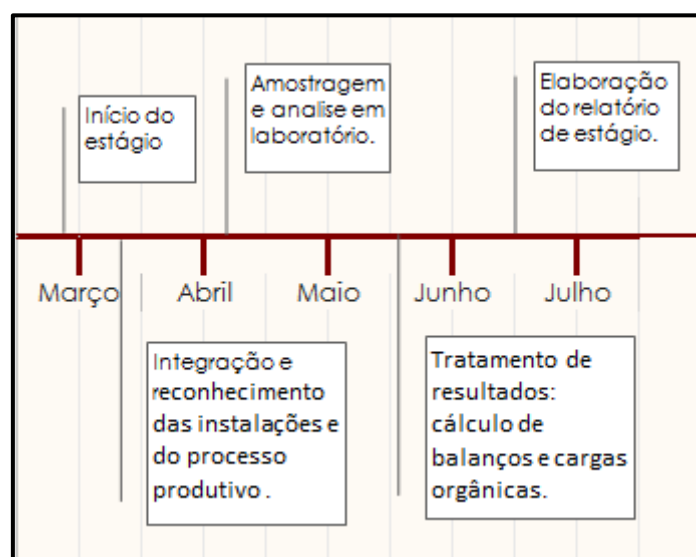
O tratamento anaeróbio inicia-se com uma pré-neutralização do condensado limpo, recorrendo à lama do fundo do reator anaeróbio. Após a neutralização com cal o condensado é bombeado para o reator anaeróbio. O biogás produzido é transferido para a caldeira de biomassa onde é queimado. Antes de ser encaminhado para o tratamento aeróbio, o efluente passa pelo decantador com o objetivo da separação das lamas <sup>[13]</sup>.

Embora o processamento da madeira seja realizado a seco é utilizada alguma água para lubrificação do equipamento. O efluente gerado nesta instalação tem um caudal muito baixo e é tratado numa instalação específica para remoção de sólidos antes de ser conduzida ao tratamento aeróbio <sup>[13]</sup>.

## 4. Estágio curricular

As primeiras semanas do estágio envolveram, nos primeiros dias, a integração na fábrica, com as devidas apresentações e visita às instalações, seguido da leitura atenta do manual de integração. Neste foi possível saber um pouco da história e do funcionamento, em termos gerais, da fábrica. Seguidamente procedi ao estudo do documento geral de referência da indústria de pasta de papel, “ Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry by Integrated Pollution Prevention and Control (IPCC) ”, onde foi possível obter bastantes informações sobre o processo de produção de pasta de papel, os seus impactos no meio ambiente, assim como as melhores técnicas disponíveis para a sua mitigação. Uma vez que o trabalho pretendido envolvia todo o processo produtivo, foi ainda necessário proceder à leitura de documentos processuais relativos a cada área específica do processo.

À quarta semana de estágio teve início a recolha para posterior análise no laboratório, de efluentes, pasta e filtrado da pasta provenientes das várias fases do processo. A amostragem teve, no início, uma ajuda envolvendo pessoas do laboratório e das instalações da fábrica, com o objetivo de saber quais os locais de recolha das amostras. Seguidamente à recolha foi efetuado o trabalho em laboratório para a análise das amostras recolhidas. Após concluído o trabalho de laboratório seguiu-se o cálculo de balanços de cargas orgânicas do processo. O último mês foi utilizado para elaborar o relatório de todo o trabalho realizado no âmbito do estágio.



**Figura 6** – Cronograma das atividades realizadas ao longo do estágio curricular.

## 4.1. Amostragem

As amostragens foram efetuadas segundo uma sequência específica, tendo em conta o processo de produção. Nas diversas fases do processo as amostras foram recolhidas em equipamentos e locais específicos dessa fase. A data de recolha de todas as amostragens foi registada, assim como a sua origem e, um fator importante, qual o tipo de pasta produzida nesse dia, uma vez que a fábrica produz dois tipos de pasta: pasta solúvel e pasta papaleira. A recolha foi efetuada em frascos de plásticos com cerca de 100 mililitros, previamente lavados com água destilada e secos. A pasta foi recolhida em sacos de plástico previamente identificados.

### 4.1.1. Locais de amostragem

Tendo em conta o objetivo do trabalho, a recolha de amostras envolveu todo o processo produtivo, com recolhas em cada fase e subfase do processo. Nos pontos seguintes está definido qual a amostra recolhida e a sua origem.

- Parque de Madeiras:
  - Água de entrada (rede fabril);
  - Efluente.
- Cozimento:
  - Bola de cozimento.
- Crivagem:
  - Nós da madeira;
  - “Shives” (nós finos da madeira);
  - Pasta à saída (Nós + “Shives”).
- Lavagem:
  - Lavador Horizontal:
    - Pasta à entrada;
    - Licor Fino;
    - Pasta à saída.
  - Prensa “DPA 921”:
    - Filtrado;
    - Pasta à saída.
  - Prensa “DPA 928”:
    - Filtrado;
    - Pasta à saída.
- Branqueamento:
  - “Sund 5”:
    - Efluente;
    - Pasta à saída.
  - “Sund 4”:
    - Efluente;
    - Pasta à saída.
- Secagem:
  - Água de entrada;
  - Efluente dos hidrociclones;
  - “Águas brancas”;

- Água das prensas.
- Evaporação:
  - Condensado “limpo 1009”;
  - Condensado “limpo 2001”;
  - Condensado “sujo”;
  - Licor concentrado.

#### 4.1.2. Parâmetros de análise

Tendo em conta as necessidades e os objetivos definidos, os parâmetros analisados foram os seguintes:

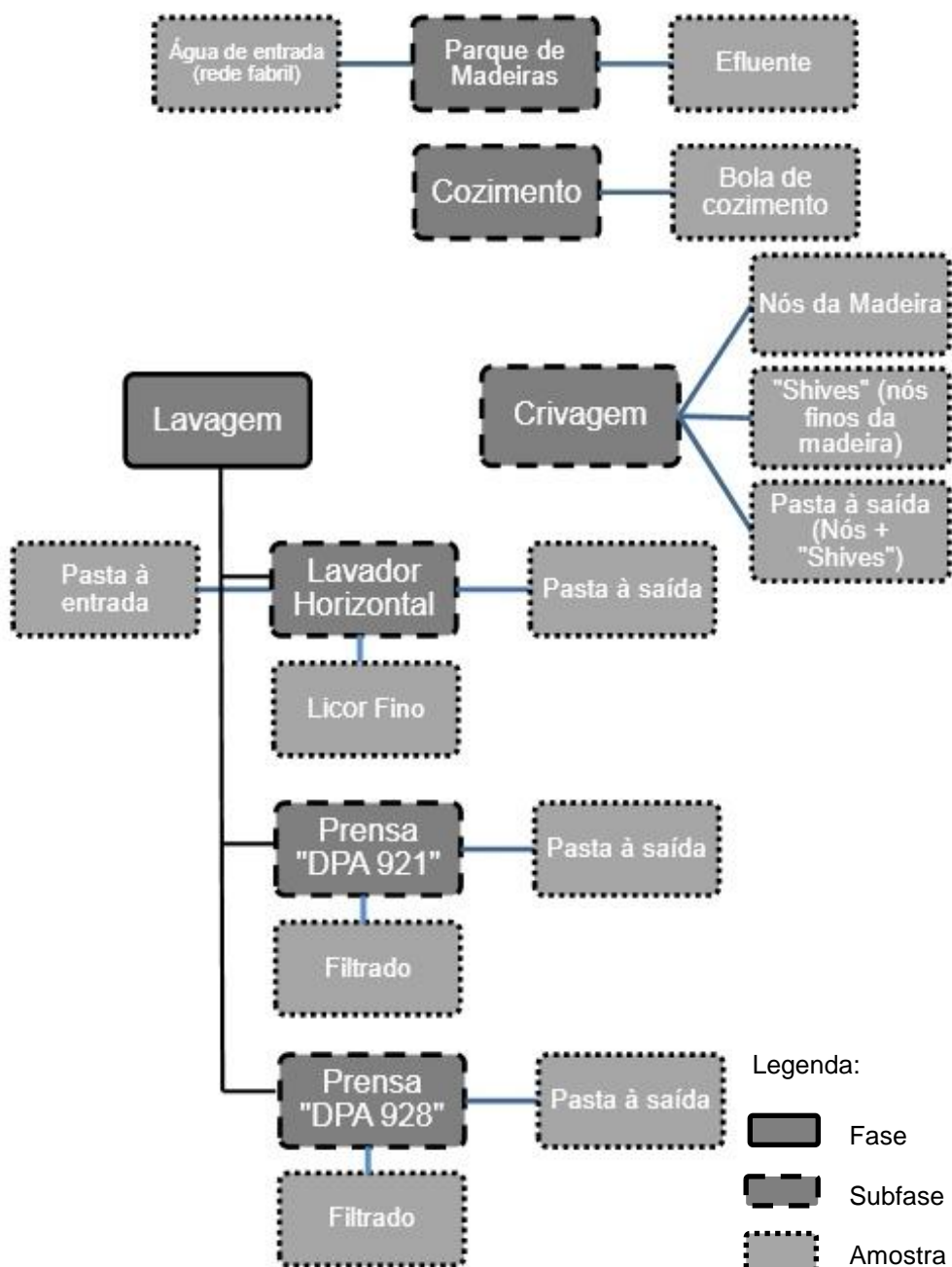
- **Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>n</sub>)** – Definida como a concentração em massa do oxigénio consumido, sob condições específicas, pela oxidação bioquímica de matéria orgânica e/ou inorgânica em água, onde *n* corresponde ao número de dias de incubação, 5 dias ou 7 dias <sup>[8]</sup>.
- **Carência Química de Oxigénio (CQO)** – É definida como a concentração em massa do oxigénio equivalente à quantidade de Dicromato consumido por matéria suspensa e dissolvida quando uma amostra é tratada com aquele oxidante <sup>[12]</sup>.
- **Sólidos Suspensos Totais (SST)** – A determinação dos sólidos suspensos totais presentes em águas naturais, residuais e efluentes são realizados recorrendo ao processo de filtração com filtros de fibra de vidro. A porção de sólidos que fica retido no filtro é definida por Sólidos Suspensos Totais (SST) <sup>[9]</sup>.
- **Azoto Total (NT)** – Determinação química da quantidade de azoto total presente numa água residual e que permite avaliar o nível de contaminação desta <sup>[11]</sup>.
- **Teor de Matéria Seca na pasta** – Relação entre a massa de um provete após secagem até massa constante, à temperatura de 105±2°C nas condições especificadas, e a sua massa no momento da colheita. Exprime-se em percentagem <sup>[10]</sup>.

Os métodos seguidos para a determinação dos parâmetros foram os seguidos pelo laboratório da fábrica, recorrendo aos documentos das técnicas de análise. A determinação da Carência Química de Oxigénio foi realizada recorrendo ao método colorimétrico <sup>[12]</sup>. A determinação da Carência Bioquímica de Oxigénio a 5 dias foi realizada recorrendo ao método iodométrico modificado da azida <sup>[8]</sup>. A determinação do Azoto Total foi realizada pelo método da HACH nº350 <sup>[11]</sup>.

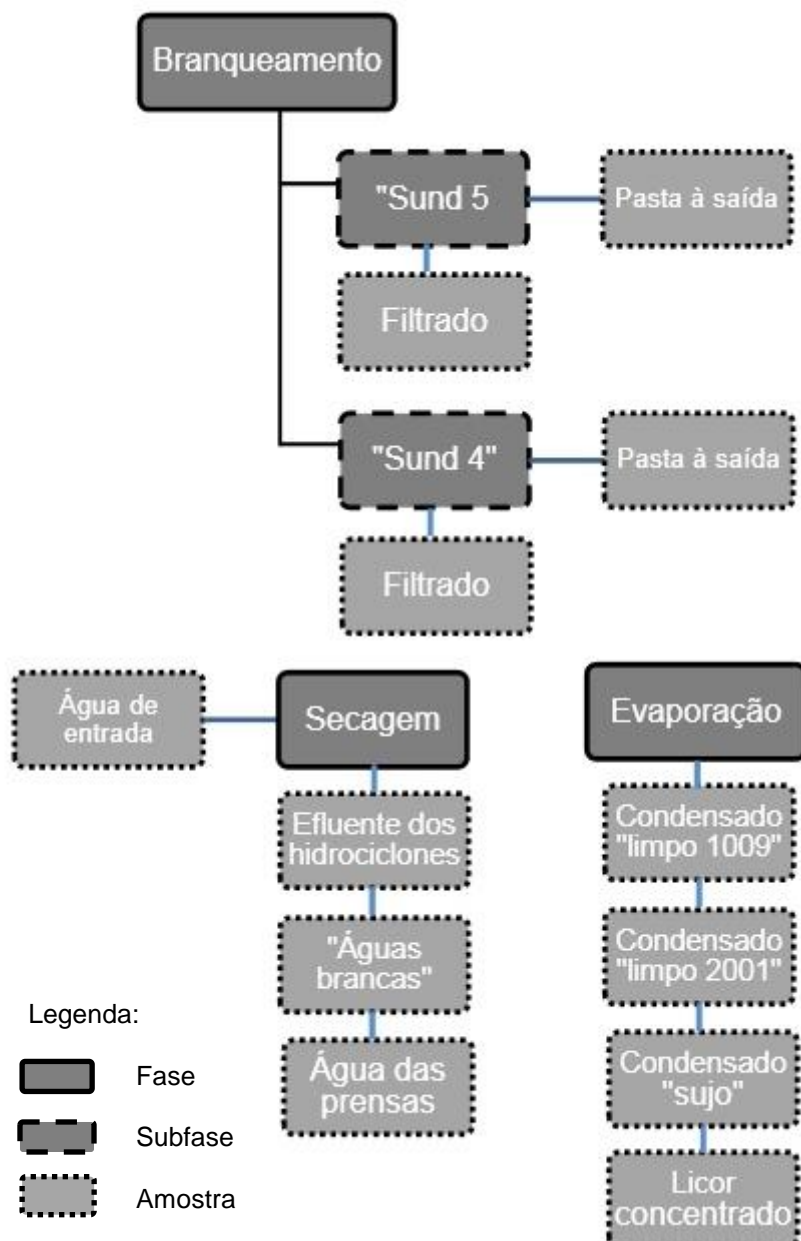
*Caracterização do processo de produção de pasta de celulose ao sulfito: caracterização de pasta, efluentes e cargas orgânicas do processo.*

## 5. Apresentação de resultados

Neste ponto são apresentados os resultados obtidos na análise a todas as amostras recolhidas, para os parâmetros pretendidos – CQO, CBO a 5 dias, Azoto Total, SST e Teor de Matéria Seca. Nos diagramas seguintes estão esquematizadas todos as amostras recolhidas assim como a sua origem.



**Figura 7** – Diagrama do processo com indicação das amostras recolhidas.



**Figura 8** – Diagrama do processo com indicação das amostras recolhidas (continuação Figura 7).

## 5.1. Caracterização de efluentes e pasta

Nas tabelas seguintes são apresentados os resultados obtidos após a análise das várias amostras recolhidas, com indicação do dia de recolha. É importante referir que, nos dias 23 de Abril e 6 de Junho a fábrica produziu pasta do tipo “papeleira” e nos restantes dias pasta solúvel. Os parâmetros analisados foram os já indicados no ponto 4.1.2.



### 5.1.1. Parque de Madeiras

As amostras provenientes do parque de madeiras foram analisadas e os resultados obtidos são apresentados nas tabelas seguintes.

**Tabela 1** – Água fornecida ao parque de madeiras.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	Inferior a 2
	26 Março	7
	11 Abril	3
	20 Junho	40
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	20 Junho	Inferior a 2
<b>Azoto Total</b>	27 Março	3,4
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	11 Abril	4

**Tabela 2** – Efluente proveniente do parque de madeiras.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	1778
	26 Março	2148
	11 Abril	24
	16 Abril	502
	23 Abril	366
	20 Junho	90
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	20 Junho	5
<b>Azoto Total</b>	27 Março	32,0
	02 Abril	8,0
	16 Abril	27,8
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	11 Abril	288
	16 Abril	1058
	23 Abril (pasta papeleira)	1158

**Nota:** A recolha dos dias 11, 16 e 23 de Abril foi efetuada na tubagem de entrada na ETAR. Nos restantes dias foi efetuada junto ao equipamento de alimentação de madeira.

### 5.1.2. Cozimento

Na tabela seguinte é apresentado a análise a uma bola de amostra proveniente do cozimento, com o seu teor em matéria seca, assim como as concentrações obtidas na análise do filtrado dessa mesma amostra.

**Tabela 3** – Matéria seca na amostra proveniente do cozimento.

Dia da recolha	Matéria seca (%)
11 Abril	21,3
16 Abril	16,7
23 Abril (pasta papeleira)	20,7
2 Maio	24,4

**Tabela 4 –** Parâmetros analisados ao filtrado da bola de cozimento.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	$6,79 \times 10^4$
	26 Março	$4,43 \times 10^4$
	28 Março	$4,12 \times 10^4$
	11 Abril	$5,19 \times 10^4$
	16 Abril	$3,82 \times 10^4$
	23 Abril (pasta papeleira)	$5,42 \times 10^4$
	2 Maio	$5,97 \times 10^4$
	6 Junho (pasta papeleira)	$3,65 \times 10^4$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	28 Março	$8,4 \times 10^3$
	2 Maio	$1,0 \times 10^4$
	6 Junho (pasta papeleira)	$3,6 \times 10^4$
<b>Azoto Total</b>	22 Março	Inferior a 2
	16 Abril	28
	6 Junho (pasta papeleira)	5,0

**Nota:** O filtrado foi obtido após espremer a bola de cozimento.

### 5.1.3. Crivagem

A análise das amostras provenientes da crivagem envolveu o teor em matéria seca da amostra integral e as concentrações dos parâmetros pretendidos ao filtrado obtido. Esses resultados são apresentados nas tabelas seguintes.

As tabelas 5 e 6 apresentam os resultados da análise aos nós que sofrem o processo de crivagem.

**Tabela 5 –** Matéria seca na amostra dos nós da crivagem.

Dia da recolha	Matéria seca (%)
16 Abril	39,3
23 Abril (pasta papeleira)	33,3

**Tabela 6 –** Parâmetros analisados ao filtrado proveniente dos nós da crivagem.

Parâmetro	Dia da Recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	26 Março	$2,08 \times 10^5$
	28 Março	$2,31 \times 10^5$
	10 Abril	$2,28 \times 10^5$
	11 Abril	$2,21 \times 10^5$
	16 Abril	$2,24 \times 10^5$
	23 Abril (pasta papeleira)	$2,31 \times 10^5$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	28 Março	$4,3 \times 10^4$
<b>Azoto Total</b>	02 Abril	242,5
	16 Abril	192,5

**Nota:** O filtrado foi obtido após espremer a amostra com a ajuda de uma prensa.

Os “shives” são nós, de tamanho menor, que sofrem igualmente um processo de crivagem. As tabelas 7 e 8 apresentam os resultados obtidos na sua análise.

**Tabela 7** – Matéria seca na amostra dos “shives” da crivagem.

Dia da recolha	Matéria seca (%)
16 Abril	27,3
23 Abril (pasta papeleira)	18,9

**Tabela 8** – Parâmetros analisados ao filtrado proveniente dos “shives” da crivagem.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	$5,16 \times 10^3$
	26 Março	$8,42 \times 10^3$
	28 Março	$3,13 \times 10^4$
	10 Abril	$3,24 \times 10^4$
	11 Abril	$2,42 \times 10^4$
	16 Abril	$1,51 \times 10^4$
	23 Abril (pasta papeleira)	$1,51 \times 10^4$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	28 Março	$3,6 \times 10^3$
<b>Azoto Total</b>	28 Março	7,0
	16 Abril	19,5

**Nota:** O filtrado foi obtido após espremer a amostra com a ajuda de uma prensa.

O último conjunto de tabelas de amostras da crivagem diz respeito ao conjunto final à saída da crivagem.

**Tabela 9** – Matéria seca na amostra do conjunto de saída da crivagem.

Dia da recolha	Matéria seca (%)
16 Abril	31,9
23 Abril (pasta papeleira)	41,7

**Tabela 10** – Parâmetros analisados ao filtrado proveniente do conjunto de saída da crivagem.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	$1,44 \times 10^5$
	26 Março	$2,05 \times 10^5$
	28 Março	$1,89 \times 10^5$
	10 Abril	$1,92 \times 10^5$
	11 Abril	$2,20 \times 10^5$
	16 Abril	$2,15 \times 10^5$
	23 Abril (pasta papeleira)	$2,12 \times 10^5$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	28 Março	$3,6 \times 10^4$
<b>Azoto Total</b>	28 Março	492,0
	16 Abril	72,5

**Nota:** O filtrado foi obtido após espremer a amostra com a ajuda de uma prensa.

#### 5.1.4. Lavagem

No processo de lavagem foram recolhidas amostras provenientes do lavador horizontal e das prensas “DPA 921 e “DPA 928”. Nas tabelas seguintes são apresentados os resultados obtidos, para a matéria seca na pasta e as concentrações dos parâmetros pretendidos.

##### 5.1.4.1. Lavador Horizontal

Nas tabelas 11 e 12 estão indicados os resultados obtidos na pasta à entrada do lavador horizontal.

**Tabela 11** – Matéria seca na amostra da pasta à entrada do lavador horizontal.

Dia da recolha	Matéria seca (%)
16 Abril	2,9

**Tabela 12** – Parâmetros analisados ao filtrado da pasta à entrada do lavador horizontal.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	$1,36 \times 10^5$
	26 Março	$2,21 \times 10^5$
	28 Março	$2,15 \times 10^5$
	10 Abril	$2,17 \times 10^5$
	11 Abril	$2,19 \times 10^5$
	16 Abril	$2,12 \times 10^5$
	23 Abril (pasta papeleira)	$2,11 \times 10^5$
	2 Maio	$2,20 \times 10^5$
	6 Junho (pasta papeleira)	$2,15 \times 10^5$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	28 Março	$4,5 \times 10^4$
	2 Maio	$4,1 \times 10^4$
	6 Junho (pasta papeleira)	$4,4 \times 10^5$
<b>Azoto Total</b>	02 Abril	292,5
	16 Abril	102,5
	6 Junho (pasta papeleira)	100,0

**Nota:** O filtrado foi obtido após filtrar a amostra.

A análise à pasta à saída do lavador horizontal é apresentada, em termos de resultados, nas seguintes tabelas.

**Tabela 13** – Matéria seca na amostra da pasta à saída do lavador horizontal.

Dia da recolha	Matéria seca (%)
2 Maio	16,9

**Tabela 14** – Parâmetros analisados ao filtrado da pasta à saída do lavador horizontal.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	$1,19 \times 10^4$
	26 Março	$2,05 \times 10^4$
	28 Março	$3,43 \times 10^4$
	10 Abril	$2,75 \times 10^4$
	11 Abril	$4,19 \times 10^4$
	16 Abril	$3,05 \times 10^4$
	23 Abril (pasta papeleira)	$3,16 \times 10^4$
	2 Maio	$2,01 \times 10^4$
	6 Junho (pasta papeleira)	$3,54 \times 10^4$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	28 Março	$4,4 \times 10^3$
	2 Maio	$3,4 \times 10^3$
	6 Junho (pasta papeleira)	$5,1 \times 10^3$
<b>Azoto Total</b>	02 Abril	18,0
	16 Abril	32,0
	6 Junho (pasta papeleira)	10,0

**Nota:** O filtrado foi obtido após espremer a amostra.

No processo de lavagem, o “licor fino” é um dos efluentes analisados. Na tabela seguinte são apresentados os resultados obtidos após a sua análise.

**Tabela 15** – Parâmetros analisados ao “licor fino” proveniente do lavador horizontal.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	$1,33 \times 10^5$
	26 Março	$1,86 \times 10^5$
	28 Março	$1,99 \times 10^5$
	11 Abril	$2,12 \times 10^5$
	16 Abril	$1,99 \times 10^5$
	23 Abril (pasta papeleira)	$2,07 \times 10^5$
	2 Maio	$1,90 \times 10^5$
	6 Junho (pasta papeleira)	$2,09 \times 10^5$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	28 Março	$4,30 \times 10^4$
	2 Maio	$3,65 \times 10^4$
	6 Junho (pasta papeleira)	$4,60 \times 10^4$
<b>Azoto Total</b>	28 Março	396
	16 Abril	430
	6 Junho (pasta papeleira)	540
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	11 Abril	324
	16 Abril	268
	23 Abril (pasta papeleira)	464
	2 Maio	200

#### 5.1.4.2. Prensa “DPA 921”

As amostras recolhidas provenientes da prensa “DPA 921” foram: pasta à saída e o filtrado/efluente. Foi analisado o teor de matéria seca na pasta, assim como os parâmetros definidos no filtrado proveniente da pasta e no filtrado/efluente. Nas tabelas seguintes são apresentados os resultados obtidos.

**Tabela 16** – Matéria seca na amostra da pasta à saída da prensa “DPA 921”.

Dia da recolha	Matéria seca (%)
2 Maio	35,6

**Tabela 17** – Parâmetros analisados ao filtrado da pasta à saída da prensa “DPA 921”.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	$6,50 \times 10^3$
	26 Março	$1,32 \times 10^4$
	04 Abril	$1,01 \times 10^4$
	11 Abril	$1,58 \times 10^4$
	16 Abril	$1,54 \times 10^4$
	23 Abril (pasta papeleira)	$1,72 \times 10^4$
	2 Maio	$9,80 \times 10^3$
	6 Junho (pasta papeleira)	$1,98 \times 10^4$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	4 Abril	$1,70 \times 10^3$
	2 Maio	$1,33 \times 10^3$
	6 Junho (pasta papeleira)	$2,50 \times 10^3$
<b>Azoto Total</b>	02 Abril	5,5
	16 Abril	7,0
	6 Junho (pasta papeleira)	16,8

**Nota:** O filtrado foi obtido após espremer a amostra com a ajuda de uma prensa.

**Tabela 18** – Parâmetros analisados ao filtrado/efluente proveniente da prensa “DPA 921”.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	$8,56 \times 10^3$
	26 Março	$9,04 \times 10^3$
	04 Abril	$1,73 \times 10^4$
	10 Abril	$2,48 \times 10^4$
	11 Abril	$3,42 \times 10^4$
	16 Abril	$2,58 \times 10^4$
	23 Abril (pasta papeleira)	$2,82 \times 10^4$
	2 Maio	$1,65 \times 10^4$
	6 Junho (pasta papeleira)	$3,09 \times 10^4$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	4 Abril	$2,60 \times 10^3$
	2 Maio	$2,85 \times 10^3$
	6 Junho (pasta papeleira)	$5,10 \times 10^3$
<b>Azoto Total</b>	02 Abril	4,0
	16 Abril	3,0
	6 Junho (pasta papeleira)	37,6
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	11 Abril	996
	16 Abril	520
	23 Abril (pasta papeleira)	292
	2 Maio	496

#### 5.1.4.3. Prensa “DPA 928”

A prensa “DPA 928” é mais um dos elementos do processo de lavagem. As amostras recolhidas e analisadas foram: a pasta à saída e o filtrado/efluente. Foi analisado o teor de matéria seca na pasta, assim como os parâmetros definidos, para o filtrado proveniente da pasta e para o filtrado/efluente.

**Tabela 19** – Matéria seca na amostra da pasta à saída da prensa “DPA 928”.

Dia da recolha	Matéria seca (%)
2 Maio	39,9

**Tabela 20** – Parâmetros analisados ao filtrado da pasta à saída da prensa “DPA 928”.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
CQO	22 Março	$1,83 \times 10^3$
	26 Março	$2,87 \times 10^3$
	04 Abril	$2,78 \times 10^3$
	11 Abril	$5,80 \times 10^3$
	16 Abril	$4,50 \times 10^3$
	23 Abril (pasta papeleira)	$5,39 \times 10^3$
	2 Maio	$2,16 \times 10^3$
	6 Junho (pasta papeleira)	$5,85 \times 10^3$
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	4 Abril	500
	2 Maio	425
	6 Junho (pasta papeleira)	975
Azoto Total	02 Abril	Inferior a 2
	16 Abril	2,1
	6 Junho (pasta papeleira)	5,1

**Nota:** O filtrado foi obtido após espremer a amostra com a ajuda de uma prensa.

**Tabela 21** – Parâmetros analisados ao filtrado/efluente proveniente da prensa “DPA 928”.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
CQO	22 Março	$2,72 \times 10^3$
	26 Março	$3,15 \times 10^4$
	04 Abril	$4,58 \times 10^3$
	11 Abril	$9,80 \times 10^3$
	16 Abril	$7,16 \times 10^3$
	23 Abril (pasta papeleira)	$9,36 \times 10^3$
	2 Maio	$4,76 \times 10^3$
	6 Junho (pasta papeleira)	$1,07 \times 10^4$
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	4 Abril	$8,00 \times 10^2$
	2 Maio	$6,75 \times 10^2$
	6 Junho (pasta papeleira)	$1,18 \times 10^3$
Azoto Total	02 Abril	Inferior a 2
	16 Abril	2,0
	6 Junho (pasta papeleira)	15,5
Sólidos Suspensos Totais	11 Abril	352
	16 Abril	236
	23 Abril	192
	2 Maio	192

**Tabela 22** – Parâmetros analisados à água “fresca” utilizada na prensa “DPA 921”.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
CQO	22 Março	26
	26 Março	8
	4 Abril	21
	11 Abril	Inferior a 2
	20 Junho	9
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	20 Junho	Inferior a 2
Azoto Total	4 Abril	Inferior a 2
Sólidos Suspensos Totais	11 Abril	Inferior a 2

### 5.1.5. Branqueamento

O processo de branqueamento é realizado recorrendo a dois equipamentos: o “Sund 5” e o “Sund 4”. As amostras recolhidas foram a pasta à saída e o filtrado/efluente. Os resultados da análise são apresentados nas tabelas seguintes.

#### 5.1.5.1. “Sund 5”

As análises das amostras provenientes do equipamento “Sund 5” realizadas envolveram o teor de matéria seca na pasta à saída, o filtrado obtido dessa mesma pasta e o filtrado/efluente proveniente do “Sund 5”.

**Tabela 23** – Matéria seca na amostra da pasta à saída do “Sund 5”.

Dia da recolha	Matéria seca (%)
11 Abril	15,2
16 Abril	15,1
2 Maio	17,0

**Tabela 24** – Parâmetros analisados ao filtrado da pasta à saída do “Sund 5”.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	$1,33 \times 10^3$
	26 Março	$2,89 \times 10^3$
	04 Abril	$3,27 \times 10^3$
	11 Abril	$2,84 \times 10^3$
	16 Abril	$3,77 \times 10^3$
	23 Abril (pasta papeleira)	$3,69 \times 10^3$
	2 Maio	$3,41 \times 10^3$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	6 Junho (pasta papeleira)	$2,94 \times 10^3$
	11 Abril	$1,28 \times 10^3$
	2 Maio	$1,45 \times 10^3$
<b>Azoto Total</b>	6 Junho (pasta papeleira)	$1,00 \times 10^3$
	02 Abril	5,8
	16 Abril	8,4
	6 Junho (pasta papeleira)	7,3

**Nota:** O filtrado foi obtido após espremer a amostra.



**Tabela 25** – Parâmetros analisados ao filtrado/efluente proveniente do “Sund 5”.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	$3,24 \times 10^3$
	26 Março	$1,83 \times 10^3$
	04 Abril	$1,13 \times 10^4$
	11 Abril	$1,12 \times 10^4$
	16 Abril	$1,18 \times 10^4$
	23 Abril (pasta papeleira)	$6,81 \times 10^3$
	2 Maio	$9,50 \times 10^3$
	6 Junho (pasta papeleira)	$7,00 \times 10^3$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	2 Maio	$5,20 \times 10^3$
	6 Junho (pasta papeleira)	$2,40 \times 10^3$
<b>Azoto Total</b>	02 Abril	2,5
	16 Abril	9,0
	6 Junho (pasta papeleira)	15,6
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	11 Abril	156
	16 Abril	88
	23 Abril (pasta papeleira)	52
	2 Maio	72

#### 5.1.5.2. “Sund 4”

Ao equipamento “Sund 4” foram recolhidas amostras, às quais foram realizadas análises que envolveram a obtenção do teor de matéria seca na pasta à saída, das concentrações dos parâmetros definidos para o filtrado obtido dessa mesma pasta e para o filtrado/efluente proveniente desse mesmo equipamento.

**Tabela 26** – Matéria seca na amostra da pasta à saída do “Sund 4”.

Dia da recolha	Matéria seca (%)
16 Abril	16,2
2 Maio	16,2

**Tabela 27** – Parâmetros analisados ao filtrado da pasta à saída do “Sund 4”.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	$5,13 \times 10^2$
	04 Abril	$7,90 \times 10^2$
	11 Abril	$1,41 \times 10^3$
	16 Abril	$1,48 \times 10^3$
	23 Abril (pasta papeleira)	$6,40 \times 10^2$
	2 Maio	$1,47 \times 10^3$
	6 Junho (pasta papeleira)	$1,18 \times 10^3$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	11 Abril	650
	2 Maio	300
	6 Junho (pasta papeleira)	140
<b>Azoto Total</b>	02 Abril	6,8
	16 Abril	4,4
	6 Junho (pasta papeleira)	3,9

**Nota:** O filtrado foi obtido após espremer a amostra.

**Tabela 28** – Parâmetros analisados ao filtrado/efluente proveniente do “Sund 4”.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	$1,54 \times 10^3$
	04 Abril	$2,86 \times 10^3$
	11 Abril	$2,87 \times 10^3$
	16 Abril	$3,13 \times 10^3$
	23 Abril (pasta papeleira)	$1,98 \times 10^3$
	2 Maio	$2,47 \times 10^3$
	6 Junho (pasta papeleira)	$2,36 \times 10^3$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	11 Abril	$1,30 \times 10^3$
	2 Maio	$8,80 \times 10^2$
	6 Junho (pasta papeleira)	$6,40 \times 10^2$
<b>Azoto Total</b>	02 Abril	Inferior a 2
	16 Abril	2,4
	6 Junho (pasta papeleira)	2,8
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	11 Abril	264
	16 Abril	88
	23 Abril (pasta papeleira)	98
	2 Maio	134

### 5.1.6. Secagem

Ao processo de secagem foram realizadas análises a quatro amostras: efluente dos hidrociclones, tanque de águas brancas, tanque de água das prensas e água denominada “fresca”. Os parâmetros de análise são os definidos pelos objetivos da amostragem.

**Tabela 29** – Parâmetros analisados ao efluente dos hidrociclones.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	162
	11 Abril	468
	16 Abril	395
	23 Abril (pasta papeleira)	381
	2 Maio	348
	6 Junho (pasta papeleira)	572
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	2 Maio	17
	6 Junho (pasta papeleira)	53
<b>Azoto Total</b>	23 Março	2,2
	6 Junho (pasta papeleira)	Inferior a 2
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	11 Abril	$1,20 \times 10^4$
	16 Abril	$1,10 \times 10^2$
	23 Abril (pasta papeleira)	$1,12 \times 10^2$

**Tabela 30** – Parâmetros analisados ao efluente proveniente do tanque de águas brancas.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	163
	11 Abril	453
	16 Abril	479
	23 Abril (pasta papeleira)	365
	2 Maio	370
	6 Junho (pasta papeleira)	355
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	2 Maio	15
	6 Junho (pasta papeleira)	65
<b>Azoto Total</b>	23 Março	3,4
	6 Junho (pasta papeleira)	Inferior a 2
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	11 Abril	70
	16 Abril	64
	23 Abril (pasta papeleira)	76

**Tabela 31** – Parâmetros analisados ao efluente proveniente do tanque de água das prensas.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	22 Março	335
	11 Abril	487
	16 Abril	606
	23 Abril (pasta papeleira)	489
	2 Maio	469
	6 Junho (pasta papeleira)	419
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	2 Maio	62
	6 Junho (pasta papeleira)	86
<b>Azoto Total</b>	05 Abril	Inferior a 2
	23 Março	Inferior a 2
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	11 Abril	44
	16 Abril	62
	23 Abril (pasta papeleira)	60

**Tabela 32** – Parâmetros analisados à água “fresca” usada no processo de secagem

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	23 Março	21
	11 Abril	Inferior a 2
	6 Junho	12
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	20 Junho	Inferior a 2
<b>Azoto Total</b>	27 Março	2,5
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	11 Abril	Inferior a 2

### 5.1.7. Evaporação

O processo de evaporação envolve a recuperação do ácido de cozimento necessário ao processo de produção de pasta. Neste, as amostras recolhidas foram o condensado “limpo 1009”, o condensado “limpo 2001”, o condensado “sujo” e o licor concentrado. Os parâmetros analisados foram os definidos na amostragem.

**Tabela 33 – Parâmetros analisados ao condensado “limpo 1009”.**

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	30 Março	$2,35 \times 10^4$
	05 Abril	$2,09 \times 10^4$
	11 Abril	$2,04 \times 10^4$
	16 Abril	$2,07 \times 10^4$
	23 Abril (pasta papeleira)	$1,73 \times 10^4$
	2 Maio	$1,84 \times 10^4$
	6 Junho (pasta papeleira)	$1,86 \times 10^4$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	2 Maio	$1,12 \times 10^4$
	6 Junho (pasta papeleira)	$9,80 \times 10^3$
<b>Azoto Total</b>	30 Março	4,5
	05 Abril	13,3
	16 Abril	15,6
	6 Junho (pasta papeleira)	19,3
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	11 Abril	326
	16 Abril	22
	23 Abril (pasta papeleira)	54
	2 Maio	148

**Tabela 34 – Parâmetros analisados ao condensado “limpo 2001”.**

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	30 Março	$1,88 \times 10^4$
	05 Abril	$2,03 \times 10^4$
	11 Abril	$1,99 \times 10^4$
	16 Abril	$1,98 \times 10^4$
	23 Abril (pasta papeleira)	$1,68 \times 10^4$
	2 Maio	$1,77 \times 10^4$
	6 Junho (pasta papeleira)	$1,77 \times 10^4$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	2 Maio	$7,0 \times 10^3$
	6 Junho (pasta papeleira)	$8,4 \times 10^3$
<b>Azoto Total</b>	30 Março	4,0
	16 Abril	4,8
	6 Junho (pasta papeleira)	5,6
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	11 Abril	Inferior a 2
	16 Abril	Inferior a 2
	23 Abril (pasta papeleira)	2
	2 Maio	Inferior a 2

**Tabela 35** – Parâmetros analisados ao condensado “sujo”.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	30 Março	$2,40 \times 10^4$
	05 Abril	$2,57 \times 10^4$
	11 Abril	$2,05 \times 10^4$
	16 Abril	$2,16 \times 10^4$
	23 Abril (pasta papeleira)	$2,17 \times 10^4$
	2 Maio	$1,57 \times 10^4$
	6 Junho (pasta papeleira)	$1,56 \times 10^4$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	2 Maio	$9,2 \times 10^3$
	6 Junho (pasta papeleira)	$6,6 \times 10^3$
<b>Azoto Total</b>	30 Março	14,0
	5 Abril	12,6
	16 Abril	16,3
	6 Junho (pasta papeleira)	34,6
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	11 Abril	16
	16 Abril	130
	23 Abril (pasta papeleira)	40
	2 Maio	86

**Tabela 36** – Matéria seca no licor concentrado.

Dia da recolha	Matéria seca (%)
11 Abril	53,1
2 Maio	55,7

**Tabela 37** – Parâmetros analisados ao licor concentrado.

Parâmetro	Dia da recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	30 Março	$9,77 \times 10^5$
	05 Abril	$9,89 \times 10^5$
	11 Abril	$9,54 \times 10^5$
	16 Abril	$8,85 \times 10^5$
	23 Abril (pasta papeleira)	$1,05 \times 10^6$
	2 Maio	$7,59 \times 10^5$
	6 Junho (pasta papeleira)	$9,14 \times 10^5$
<b>CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	2 Maio	$1,00 \times 10^5$
	6 Junho (pasta papeleira)	$1,05 \times 10^5$
<b>Azoto Total</b>	30 Março	$1,70 \times 10^3$
	16 Abril	$6,0 \times 10^2$
	6 Junho (pasta papeleira)	$1,40 \times 10^3$

Durante o processo de evaporação são efetuadas lavagens dos tanques, denominadas lavagens de efeito. Foram recolhidas amostras dessas lavagens efetuadas com Hidróxido de Sódio e Ácido nítrico. Os parâmetros analisados foram os definidos na amostragem e são apresentados na tabela seguinte.

**Tabela 38** – Amostra da lavagem de efeito com Hidróxido de Sódio.

Parâmetro	Dia da Recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	11 Abril	$5,24 \times 10^4$
	05 Maio	$1,80 \times 10^4$
	19 Junho	$3,61 \times 10^3$
<b>CBO<sub>5</sub> (mgO<sub>2</sub>/L)</b>	19 Junho	50
<b>Azoto Total</b>	11 Abril	184
	19 Junho	58
<b>Matéria seca (%)</b>	11 Abril	4,5

**Tabela 39** – Parâmetros analisados à amostra de lavagem de efeito com Ácido Nítrico.

Parâmetro	Dia da Recolha	Concentração (mg/L)
<b>CQO</b>	12 Junho	$5,61 \times 10^3$

## 5.2. Cargas orgânicas

Com o objetivo de conhecer as cargas orgânicas associadas a cada fase do processo, foram utilizados os dados obtidos na análise das amostragens completas do processo, aos parâmetros pretendidos. Assim foram selecionadas as amostragens realizadas nos dias 16 de Abril, 2 de Maio e 6 de Junho, assim como a respetiva caracterização dos efluentes e pastas do processo para obter o pretendido. A seleção destas amostragens teve em conta, o facto do processo, neste período, se encontrar estável. Das amostragens selecionadas, os dias 16 de Abril e 2 de Maio correspondem à produção de pasta solúvel e a amostragem do dia 6 de Junho corresponde à produção de pasta papeleira. Para estas amostragens foram calculadas as cargas orgânicas relativas a três parâmetros: carga orgânica em termos de Carência Química de Oxigénio, de Carência Bioquímica de Oxigénio a 5 dias e de Azoto Total.

o cálculo da carga orgânica é calculado de maneira direta multiplicando o valor de concentração em termos de CQO, expresso como mg CQO/L e o respetivo valor de caudal,  $Q_F$ , em  $m^3/h$ .

Dos vários parâmetros analisados, é apresentado apenas o cálculo das cargas orgânicas associados a concentrações em termos de CQO, uma vez que para os restantes parâmetros o cálculo é idêntico, mas utilizando os respetivos valores obtidos.

### 5.2.1. Lavador horizontal

O cálculo da carga orgânica do filtrado obtido da pasta à entrada do lavador horizontal, tomando como exemplo a análise da amostragem do dia 2 de Maio é efetuado considerando a concentração em termos de CQO, expresso em mg CQO/L, o caudal de pasta como  $Q_P$ , em  $m^3/h$ , o caudal de filtrado da pasta como  $Q_F$ , em  $m^3/h$ , a percentagem de matéria seca como  $C_s$ , a produção diária de pasta típica como  $P$ , em t/h, e a carga orgânica por  $K$ , em kg/h.

Primeiramente é necessário calcular o valor do caudal de pasta,  $Q_P$ . À entrada do lavador,

$$Q_{P1} = \frac{P}{C_s} \Rightarrow Q_{P1} = \frac{10,4}{0,025} \Rightarrow Q_{P1} = 416,7 \text{ m}^3/h$$

$Q_{P1}$  é o caudal de pasta à entrada do lavador horizontal, em  $m^3/h$ , e o valor de consistência obtido, considerando o valor 2,5%, dos registos do processo e assumindo uma produção típica de pasta solúvel de 10,4 toneladas por hora.

De seguida calcula-se o valor do caudal de filtrado da pasta  $Q_{F1}$ , dado por,

$$Q_{F1} = Q_{P1} * (1 - C_S) \Rightarrow Q_{F1} = 416,7 * (1 - 0,025) \Rightarrow Q_{F1} = 406,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

com  $Q_{F1}$  como o caudal de filtrado obtido da pasta à entrada do lavador horizontal, em  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Por fim a carga orgânica da pasta à entrada do lavador horizontal,  $K_{F1}$ , em kg CQO por hora, é dada por,

$$K_{F1} = (Q_{F1} * 1000) * \left(\frac{C_1}{1000000}\right) \Rightarrow K_{F1} = (416,7 * 1000) * \left(\frac{220000}{1000000}\right) \Rightarrow K_{F1} = 89375 \text{ kg CQO/h}$$

com  $C_1$  a concentração em termos de CQO, em mg CQO/L, do filtrado da pasta à entrada do lavador horizontal.

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias produzidas, definida por  $K_{P1}$ , dada em kg/t. Neste caso,

$$K_{P1} = \frac{K_1}{P} \Rightarrow K_{P1} = \frac{89375}{10,4} \Rightarrow K_{P1} = 8580 \text{ kg CQO/t}$$

Este procedimento numérico efetuado para a pasta à saída do lavador horizontal, é igualmente adotado para o cálculo de cargas orgânicas para os outros equipamentos nomeadamente pasta à saída da prensa “DPA 921” e prensa “DPA 928” do processo de lavagem, e do processo de branqueamento a pasta à saída do equipamento “Sund 5” e “Sund 4”.

O caudal de pasta à saída do lavador horizontal,  $Q_{P2}$ , é dado por,

$$Q_{P2} = \frac{P}{C_S} \Rightarrow Q_{P2} = \frac{10,4}{0,169} \Rightarrow Q_{P2} = 61,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

com  $Q_{P2}$ , em  $\text{m}^3/\text{h}$  e respetivo valor de consistência obtido pela análise à pasta. Assim,

$$Q_{F2} = Q_{P2} * (1 - C_S) \Rightarrow Q_{F2} = 61,6 * (1 - 0,169) \Rightarrow Q_{F2} = 51,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

com  $Q_{F2}$  como o caudal de filtrado da pasta à saída do lavador horizontal, em  $\text{m}^3/\text{h}$ . Assim o valor de  $K_{F2}$  é calculado da mesma forma que  $K_{F1}$ , utilizando os respetivos valores de concentração e caudal, ou seja,

$$K_{F2} = (Q_{F2} * 1000) * \left(\frac{C_2}{1000000}\right) \Rightarrow K_{F2} = (51,2 * 1000) * \left(\frac{20100}{1000000}\right) \Rightarrow K_{F2} = 1030 \text{ kg CQO/h}$$

com  $C_2$  a concentração em termos de CQO, em mg CQO/L, do filtrado da pasta à saída do lavador horizontal.

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{P2}$ . Neste caso,



$$K_{P2} = \frac{K_2}{P} \Rightarrow K_{P2} = \frac{1030}{10,4} \Rightarrow K_{P2} = 98,8 \text{ kg CQO/t}$$

## 5.2.2. Prensa “DPA 921”

Considerando a pasta à saída da prensa “DPA 921”, o caudal de pasta à saída desta,  $Q_{P4}$ , é dado por,

$$Q_{P4} = \frac{P}{C_S} \Rightarrow Q_{P4} = \frac{10,4}{0,356} \Rightarrow Q_{P4} = 35,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

com  $Q_{P4}$  em  $\text{m}^3/\text{h}$  e respetivo valor de consistência obtido da análise efetuada.

Assim, definindo  $Q_{F4}$  o caudal de filtrado obtido da pasta à saída da prensa “DPA 921”, em  $\text{m}^3/\text{h}$ , o seu valor é de,

$$Q_{F4} = Q_{P4} * (1 - C_S) \Rightarrow Q_{F4} = 35,1 * (1 - 0,356) \Rightarrow Q_{F4} = 22,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

A carga orgânica do filtrado obtido da pasta à saída da prensa “DPA 921”, definida por  $K_{F4}$  é calculada utilizando os respetivos valores de concentração e caudal, ou seja,

$$\begin{aligned} K_{F4} &= (Q_{F4} * 1000) * \left(\frac{C_3}{1000000}\right) \Rightarrow K_{F4} = (22,6 * 1000) * \left(\frac{9800}{1000000}\right) \Rightarrow K_{F4} \\ &= 221,6 \text{ kg CQO/h} \end{aligned}$$

com  $C_3$  a concentração em termos de CQO, expresso como mg CQO/L do filtrado da pasta à saída da prensa “DPA 921”.

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{P4}$ . Nesse caso,

$$K_{P4} = \frac{K_{F4}}{P} \Rightarrow K_{P4} = \frac{221,6}{10,4} \Rightarrow K_{P4} = 21,3 \text{ kg CQO/t}$$

O cálculo da carga orgânica na pasta à entrada da prensa “DPA 921” envolve uma diluição utilizando efluente/filtrado desta mesma prensa. Assim define-se como  $Q_A$ , o caudal de efluente/filtrado adicionado para diluir a pasta, em  $\text{m}^3/\text{h}$ , e a carga orgânica respetiva a este efluente/filtrado, por  $K_A$ , em kg CQO/h. Então, o cálculo do efluente/filtrado adicionado para diluir a pasta é dado por,

$$Q_{A1} = Q_{F3} - Q_{F2}$$

sendo  $Q_{A1}$  o caudal de efluente/filtrado adicionado para diluir a pasta à entrada da prensa “DPA 921”, em  $\text{m}^3/\text{h}$ ,  $Q_{F3}$  o caudal de filtrado da pasta à entrada da prensa “DPA 921”, em  $\text{m}^3/\text{h}$ , e  $Q_{F2}$  o caudal de filtrado da pasta à saída do lavador horizontal.

O cálculo de  $Q_{F3}$  é idêntico ao cálculo de  $Q_{F1}$ , assim,

$$Q_{P3} = \frac{P}{C_S} \Rightarrow Q_{P3} = \frac{10,4}{0,0369} \Rightarrow Q_{P3} = 282,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

com  $Q_{P3}$  como o caudal de pasta à entrada da prensa “DPA 921”, em  $\text{m}^3/\text{h}$  e respetivo valor de consistência, obtido dos registos do processo e de valor 3,69%. Então,

$$Q_{F3} = Q_{P3} * (1 - C_S) \Rightarrow Q_{F3} = 282,3 * (1 - 0,0369) \Rightarrow Q_{F3} = 271,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

com  $Q_{F3}$  o respetivo caudal de filtrado obtido da pasta à entrada da prensa “DPA 921”, em  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Assim, o valor de  $Q_{A1}$  é dado por,

$$Q_{A1} = Q_{F3} - Q_{F2} \Rightarrow Q_{A1} = 271,9 - 51,2 \Rightarrow Q_{A1} = 220,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

Então a carga orgânica é da por,

$$K_{A1} = (Q_{A1} * 1000) * \left(\frac{C_7}{1000000}\right) \Rightarrow K_{A1} = (220,7 * 1000) * \left(\frac{16450}{1000000}\right) \Rightarrow K_{A1} = 3630 \text{ kg CQO/h}$$

com  $C_7$  a concentração em termos de CQO, expresso como mg CQO/L do filtrado/efluente proveniente da prensa “DPA 921”.

Assim a carga orgânica do filtrado da pasta à entrada da prensa “DPA 921”, definida por  $K_{F3}$ , em kg CQO/h, é dada pela soma da carga orgânica  $K_{A1}$  e a carga orgânica da pasta à saída do lavador horizontal,  $K_{F2}$ . Assim,

$$K_{F3} = K_{A1} + K_{F2} \Rightarrow K_{F3} = 3630 + 1030 \Rightarrow K_{F3} = 4660 \text{ kg CQO/h}$$

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{P3}$ . Neste caso,

$$K_{P3} = \frac{K_{F3}}{P} \Rightarrow K_{P3} = \frac{4660}{10,4} \Rightarrow K_{P3} = 448,1 \text{ kg CQO/t}$$

### 5.2.3. Prensa “DPA 928”

Para a pasta à saída da prensa “DPA 928”, o procedimento é idêntico ao da pasta à saída do lavador horizontal, com os respetivos valores obtidos para parâmetros pretendidos. Assim o caudal de pasta à saída da prensa “DPA 928”,  $Q_{P6}$ , é dado por,

$$Q_{P6} = \frac{P}{C_S} \Rightarrow Q_{P6} = \frac{10,4}{0,399} \Rightarrow Q_{P6} = 26,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

com  $Q_{P6}$  em  $\text{m}^3/\text{h}$  e respetivo valor de consistência obtido da análise efetuada.

Assim, definindo  $Q_{F6}$  o caudal de filtrado obtido da pasta à saída da prensa “DPA 928”, em  $m^3/h$ , o seu valor é de,

$$Q_{F6} = Q_{P6} * (1 - C_S) \Rightarrow Q_{F6} = 26,1 * (1 - 0,399) \Rightarrow Q_{F6} = 15,7 \text{ m}^3/h$$

A carga orgânica do filtrado obtido da pasta à saída da prensa “DPA 928”, definida por  $K_{F6}$  é calculada da mesma forma que  $K_{F1}$ , utilizando os respetivos valores de concentração e caudal, ou seja,

$$K_{F6} = (Q_{F6} * 1000) * \left(\frac{C_4}{1000000}\right) \Rightarrow K_{F6} = (15,7 * 1000) * \left(\frac{2160}{1000000}\right) \Rightarrow K_{F6} = 33,9 \text{ kg CQO/h}$$

com  $C_4$  a concentração em termos de CQO, expresso como mg CQO/L do filtrado da pasta à saída da prensa “DPA 928”.

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{P6}$ . Neste caso,

$$K_{P6} = \frac{K_{F6}}{P} \Rightarrow K_{P6} = \frac{33,9}{10,4} \Rightarrow K_{P6} = 3,3 \text{ kg CQO/t}$$

O cálculo da carga orgânica na pasta à entrada da prensa “DPA 928”, definida por  $K_{F5}$ , envolve a diluição desta pasta utilizando filtrado proveniente desta.

Assim, definindo  $Q_{A2}$ , o caudal de efluente/filtrado adicionado para diluir a pasta à entrada da prensa “DPA 928”, em  $m^3/h$  e, a carga orgânica respetiva a este efluente/filtrado, por  $K_{A2}$ , em kg CQO/h, então,

$$Q_{A2} = Q_{F5} - Q_{F4}$$

sendo  $Q_{F5}$  o caudal de filtrado da pasta à entrada da prensa “DPA 928”, em  $m^3/h$ , e  $Q_{F4}$  o caudal de filtrado da pasta à saída da prensa “DPA 921”, já calculado anteriormente. O cálculo de  $Q_{F5}$  é dado por,

$$Q_{P5} = \frac{P}{C_S} \Rightarrow Q_{P5} = \frac{10,4}{0,04} \Rightarrow Q_{P5} = 260,4 \text{ m}^3/h$$

com  $Q_{P5}$  o caudal de pasta à entrada da prensa “DPA 928”, em  $m^3/h$  e respetivo valor de consistência obtido dos registos do processo, e de valor 4%. Assim,

$$Q_{F5} = Q_{P5} * (1 - C_S) \Rightarrow Q_{F5} = 260,4 * (1 - 0,04) \Rightarrow Q_{F5} = 250,0 \text{ m}^3/h$$

O valor de  $Q_{A2}$  é dado por,

$$Q_{A2} = Q_{F5} - Q_{F4} \Rightarrow Q_{A2} = 250,0 - 22,6 \Rightarrow Q_{A2} = 227,4 \text{ m}^3/h$$

Então a carga orgânica é calculada por,

$$K_{A2} = (Q_{A2} * 1000) * \left(\frac{C_8}{1000000}\right) \Rightarrow K_{A2} = (227,4 * 1000) * \left(\frac{4760}{1000000}\right) \Rightarrow K_{A2} = 1082 \text{ kg CQO/h}$$

com  $C_8$  a concentração em termos de CQO, expresso como mg CQO/L do filtrado/efluente proveniente da prensa “DPA 928”.

Assim a carga orgânica da pasta à entrada da prensa “DPA 928”,  $K_{F5}$ , em kg CQO/h, é dada pela soma da carga orgânica  $K_{A2}$  e a carga orgânica da pasta à saída da prensa “DPA 921”,  $K_{F4}$ .

Assim,

$$K_{F5} = K_{A2} + K_{F4} \Rightarrow K_{F5} = 1082 + 221,6 \Rightarrow K_{F5} = 1304 \text{ kg CQO/h}$$

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{P5}$ . Neste caso,

$$K_{P5} = \frac{K_{F5}}{P} \Rightarrow K_{P5} = \frac{1304}{10,4} \Rightarrow K_{P5} = 103,9 \text{ kg CQO/t}$$

#### 5.2.4. “Sund 5”

O procedimento a seguir, para a pasta à saída do equipamento “Sund 5”, é idêntico ao da pasta à saída do lavador horizontal, com os respetivos valores obtidos para parâmetros pretendidos. Assim o caudal de pasta à saída do equipamento “Sund 5”,  $Q_{P8}$ , é dado por,

$$Q_{P8} = \frac{P}{C_S} \Rightarrow Q_{P8} = \frac{10,4}{0,17} \Rightarrow Q_{P8} = 61,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

com  $Q_{P8}$  em  $\text{m}^3/\text{h}$  e respetivo valor de consistência obtido da análise efetuada.

Assim, definindo  $Q_{F8}$  o caudal de filtrado obtido da pasta à saída do equipamento “Sund 5”, em  $\text{m}^3/\text{h}$ , o seu valor é de,

$$Q_{F8} = Q_{P8} * (1 - C_S) \Rightarrow Q_{F8} = 61,3 * (1 - 0,17) \Rightarrow Q_{F8} = 50,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

A carga orgânica do filtrado obtido da pasta à saída do equipamento “Sund 5”, definida por  $K_{F8}$  é calculada utilizando os respetivos valores de concentração e caudal, ou seja,

$$K_{F8} = (Q_{F8} * 1000) * \left(\frac{C_5}{1000000}\right) \Rightarrow K_{F8} = (50,9 * 1000) * \left(\frac{3405}{1000000}\right) \Rightarrow K_{F8} = 173,2 \text{ kg CQO/h}$$

com  $C_5$  a concentração em termos de CQO, expresso como mg CQO/L, do filtrado da pasta à saída do equipamento “Sund 5”.

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{P8}$ . Neste caso,

$$K_{P8} = \frac{K_{F8}}{P} \Rightarrow K_{P8} = \frac{173,2}{10,4} \Rightarrow K_{P8} = 16,6 \text{ kg CQO/t}$$

A pasta à entrada do equipamento “Sund 5” é diluída utilizando efluente/filtrado proveniente deste. Assim para o cálculo da carga orgânica na pasta à entrada do equipamento “Sund 5”, define-se  $Q_{A3}$ , como o caudal de efluente/filtrado adicionado para diluir a pasta à entrada do equipamento “Sund 5”, em  $m^3/h$  e, a carga orgânica respetiva a este efluente/filtrado, por  $K_{A3}$ , em kg CQO/h.

Então,

$$Q_{A3} = Q_{F7} - Q_{F6}$$

Sendo  $Q_{F7}$  o caudal de filtrado da pasta à entrada do equipamento “Sund 5”, em  $m^3/h$ , e  $Q_{F6}$  o caudal de filtrado da pasta à saída da prensa “DPA 928”, já calculado anteriormente. O cálculo de  $Q_{F7}$  é dado por,

$$Q_{P7} = \frac{P}{C_S} \Rightarrow Q_{P7} = \frac{10,4}{0,119} \Rightarrow Q_{P7} = 90,6 \text{ m}^3/h$$

com  $Q_{P7}$  o caudal de pasta à entrada equipamento “Sund 5”, em  $m^3/h$  e respetivo valor de consistência (Kamyr I), obtido das folhas de registos do processo e de valor 11,9% Assim,

$$Q_{F7} = Q_{P7} * (1 - C_S) \Rightarrow Q_{F7} = 90,6 * (1 - 0,119) \Rightarrow Q_{F7} = 80,2 \text{ m}^3/h$$

O valor de  $Q_{A3}$  é dado por,

$$Q_{A3} = Q_{F7} - Q_{F6} \Rightarrow Q_{A3} = 80,2 - 15,7 \Rightarrow Q_{A3} = 64,5 \text{ m}^3/h$$

Então a carga orgânica é calculada por,

$$\begin{aligned} K_{A3} &= (Q_{A3} * 1000) * \left(\frac{C_9}{1000000}\right) \Rightarrow K_{A3} = (64,5 * 1000) * \left(\frac{9500}{1000000}\right) \Rightarrow K_{A3} \\ &= 612,5 \text{ kg CQO/h} \end{aligned}$$

com  $C_9$  a concentração em termos de CQO, expresso como mg CQO/L, do filtrado/efluente proveniente do equipamento “Sund 5”.

Assim a carga orgânica da pasta à entrada do equipamento “Sund 5”,  $K_{F7}$ , em kg CQO/h, é dada pela soma da carga orgânica  $K_{A3}$  e a carga orgânica da pasta à saída da prensa “DPA 928”,  $K_{F6}$ .

Assim,

$$K_{F7} = K_{A3} + K_{F6} \Rightarrow K_{F7} = 612,5 + 33,9 \Rightarrow K_{F7} = 646,4 \text{ kg CQO/h}$$

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{P7}$ . Neste caso,

$$K_{P7} = \frac{K_{F7}}{P} \Rightarrow K_{P7} = \frac{646,4}{10,4} \Rightarrow K_{P7} = 62,1 \text{ kg CQO/t}$$

### 5.2.5. “Sund 4”

O procedimento a seguir para a pasta à saída do equipamento “Sund 4” é idêntico aos anteriores, com os respectivos valores obtidos para parâmetros pretendidos. Assim o caudal de pasta à saída do equipamento “Sund 4”,  $Q_{P10}$ , é dado por,

$$Q_{P10} = \frac{P}{C_S} \Rightarrow Q_{P10} = \frac{10,4}{0,162} \Rightarrow Q_{P10} = 64,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

com  $Q_{P10}$  em  $\text{m}^3/\text{h}$  e o respetivo valor de consistência obtido da análise efetuada.

Assim, definindo  $Q_{F10}$  o caudal de filtrado obtido da pasta à saída do equipamento “Sund 4”, em  $\text{m}^3/\text{h}$ , o seu valor é de,

$$Q_{F10} = Q_{P10} * (1 - C_S) \Rightarrow Q_{F10} = 64,3 * (1 - 0,162) \Rightarrow Q_{F10} = 53,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

A carga orgânica do filtrado obtido da pasta à saída do equipamento “Sund 4”, definida por  $K_{F10}$  é calculada utilizando os respetivos valores de concentração e caudal, ou seja,

$$\begin{aligned} K_{F10} &= (Q_{F10} * 1000) * \left(\frac{C_6}{1000000}\right) \Rightarrow K_{F10} = (53,9 * 1000) * \left(\frac{1468}{1000000}\right) \Rightarrow K_{F10} \\ &= 79,1 \text{ kg CQO/h} \end{aligned}$$

com  $C_6$  a concentração em termos de CQO, expresso como mg CQO/L, do filtrado da pasta à saída do equipamento “Sund 4”.

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{P10}$ . Neste caso,

$$K_{P10} = \frac{K_{F10}}{P} \Rightarrow K_{P10} = \frac{79,1}{10,4} \Rightarrow K_{P10} = 7,6 \text{ kg CQO/t}$$

O cálculo da carga orgânica da pasta à entrada do equipamento “Sund 4” envolve a diluição desta pasta utilizando efluente/filtrado proveniente deste equipamento.

Assim, definindo  $Q_{A4}$ , o caudal de efluente/filtrado adicionado para diluir a pasta à entrada do equipamento “Sund 4”, em  $\text{m}^3/\text{h}$  e, a carga orgânica respetiva a este efluente/filtrado, por  $K_{A4}$ , em kg CQO/h, então, o caudal de efluente/filtrado adicionado

para diluir a pasta à entrada do equipamento “Sund 4”,  $Q_{A4}$  é obtido das folhas de registo, sendo para a amostragem de 2 de Maio de 16,8 m<sup>3</sup>/h.

Então a carga orgânica é da por,

$$K_{A4} = (Q_{A4} * 1000) * \left(\frac{C_{10}}{1000000}\right) \Rightarrow K_{A4} = (16,8 * 1000) * \left(\frac{2472}{1000000}\right) \Rightarrow K_{A4} = 41,5 \text{ kg CQO/h}$$

com  $C_{10}$  a concentração em termos de CQO, expresso como mg CQO/L, do filtrado/efluente proveniente do equipamento “Sund 4”.

Assim a carga orgânica da pasta à entrada do equipamento “Sund 4”,  $K_{F9}$ , em kg CQO/h, é dada pela soma da carga orgânica  $K_{A4}$  e a carga orgânica da pasta à saída equipamento “Sund 5”,  $K_{F8}$ .

Assim,

$$K_{F9} = K_{A4} + K_{F8} \Rightarrow K_{F9} = 41,5 + 173,2 \Rightarrow K_{F9} = 214,7 \text{ kg CQO/h}$$

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{P9}$ . Neste caso,

$$K_{P9} = \frac{K_{F9}}{P} \Rightarrow K_{P9} = \frac{214,7}{10,4} \Rightarrow K_{P9} = 20,6 \text{ kg CQO/t}$$

### 5.2.6. Secagem

Considerando os efluentes produzidos na fase secagem do processo, os efluentes analisados são três: efluente proveniente dos hidrociclones, efluente proveniente das prensas e o efluente denominado “águas brancas”. O cálculo das cargas orgânicas associadas a estes efluentes é feito de maneira direta, multiplicando os respetivos valores de caudal e concentração do parâmetro pretendido, neste caso a concentração em termos de CQO. Partindo da amostragem do dia 2 de Maio, e começando com o cálculo da carga orgânica associada ao efluente proveniente dos hidrociclones. Assim define-se esta carga por  $K_{E6}$ , dada em kg CQO por hora, e definindo o caudal típico deste efluente, dado em m<sup>3</sup>/h e de valor 5,8 por  $Q_{E6}$ . Então,

$$K_{E6} = (Q_{E6} * 1000) * \left(\frac{C_{11}}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E6} = (5,8 * 1000) * \left(\frac{348}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E6} = 1,69 \text{ kg CQO/h}$$

com  $C_{11}$  a concentração obtida da análise do efluente proveniente dos hidrociclones expresso como mg/L de CQO.

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{PE6}$ . Neste caso,

$$K_{PE6} = \frac{K_{E6}}{P} \Rightarrow K_{PE6} = \frac{1,69}{10,4} \Rightarrow K_{PE6} = 0,16 \text{ kg CQO/t}$$

O cálculo da carga orgânica associada ao efluente proveniente das prensas definida por  $K_{E7}$  é dado em kg CQO/h considerando o caudal típico deste efluente, de valor 30,0 m<sup>3</sup>/h ( $Q_{E7}$ ). Então,

$$K_{E7} = (Q_{E7} * 1000) * \left(\frac{C_{12}}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E7} = (30,0 * 1000) * \left(\frac{370}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E7} \\ = 11,1 \text{ kg CQO/h}$$

com  $C_{12}$  a concentração obtida da análise do efluente proveniente das prensas, expresso como mg/L CQO.

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{PE7}$ . Neste caso,

$$K_{PE7} = \frac{K_{E7}}{P} \Rightarrow K_{PE7} = \frac{11,1}{10,4} \Rightarrow K_{PE7} = 1,07 \text{ kg CQO/t}$$

O último dos efluentes do processo de secagem é o efluente denominado “águas brancas”. Definindo a carga orgânica associada a este efluente por  $K_{E8}$ , expresso em kg CQO/h e considerando o caudal típico deste efluente de 15,5 m<sup>3</sup>/h ( $Q_{E8}$ ),

$$K_{E8} = (Q_{E8} * 1000) * \left(\frac{C_{13}}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E8} = (15,5 * 1000) * \left(\frac{469}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E8} \\ = 7,3 \text{ kg CQO/h}$$

com  $C_{13}$  a concentração da análise do efluente denominado “águas brancas” proveniente das prensas expresso em mg/L CQO.

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{PE8}$ . Neste caso,

$$K_{PE8} = \frac{K_{E8}}{P} \Rightarrow K_{PE8} = \frac{7,3}{10,4} \Rightarrow K_{PE8} = 0,7 \text{ kg CQO/ton}$$

### 5.2.7. Evaporação

A evaporação é uma das fases do processo em que foram analisados três condensados, denominados condensado “sujo”, condensado “limpo 1009” e condensado “limpo 2001”. O cálculo das cargas orgânicas associadas é idêntico ao apresentado anteriormente, utilizando o valor de caudal e de concentração, (neste caso expresso em termos de CQO). Assim começando pela carga orgânica associada ao condensado “sujo”,  $K_{E9}$ , expressa como kg CQO/h e o caudal respetivo por  $Q_{E9}$ , dado em m<sup>3</sup>/h e de valor 0,6, obtido nos registos do processo da fábrica. Assim,

$$K_{E9} = (Q_{E9} * 1000) * \left(\frac{C_{14}}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E9} = (0,6 * 1000) * \left(\frac{15675}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E9} \\ = 9,7 \text{ kg CQO/h}$$

com  $C_{14}$  a concentração do condensado “sujo” expresso em mg/L CQO.



A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{PE9}$ . Nesse caso,

$$K_{PE9} = \frac{K_{E9}}{P} \Rightarrow K_{PE9} = \frac{9,7}{10,4} \Rightarrow K_{PE9} = 0,93 \text{ kg CQO/t}$$

Considerando agora a carga orgânica associada ao condensado “limpo 1009”,  $K_{E10}$ , dada em kg CQO/h e o caudal respetivo por  $Q_{E10}$ , dado em  $\text{m}^3/\text{h}$  e de valor 60,4, obtido dos registos do processo da fábrica. Assim,

$$K_{E10} = (Q_{E10} * 1000) * \left(\frac{C_{15}}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E10} = (60,4 * 1000) * \left(\frac{18440}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E10} = 1113,8 \text{ kg CQO/h}$$

com  $C_{15}$  a concentração do condensado “limpo 1009” expressa em mg/L CQO.

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{PE10}$ . Neste caso,

$$K_{PE10} = \frac{K_{E10}}{P} \Rightarrow K_{PE10} = \frac{1113,8}{10,4} \Rightarrow K_{PE10} = 106,9 \text{ kg CQO/ton}$$

Por último temos a carga orgânica associada ao condensado “limpo 2001”,  $K_{E11}$ , expressa em kg CQO/h e o caudal respetivo  $Q_{E11}$ , de 25,2  $\text{m}^3/\text{h}$ , obtido nos registos do processo da fábrica. Assim,

$$K_{E11} = (Q_{E11} * 1000) * \left(\frac{C_{16}}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E11} = (25,2 * 1000) * \left(\frac{17700}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E11} = 445,9 \text{ kg CQO/h}$$

com  $C_{16}$  a concentração do condensado “limpo 2001” expresso em mg/L CQO.

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{PE11}$ . Neste caso,

$$K_{PE11} = \frac{K_{E11}}{P} \Rightarrow K_{PE11} = \frac{445,9}{10,4} \Rightarrow K_{PE11} = 42,8 \text{ kg CQO/t}$$

O cálculo das cargas orgânicas para a amostragem de pasta papelreira do dia 6 de Junho é realizado de maneira idêntica ao procedimento apresentado anteriormente. Assim apenas são apresentados os valores obtidos para a amostragem de pasta papelreira, sendo que os valores nomeadamente de consistência, concentração, caudais, que diferem dos utilizados no procedimento relativo à pasta solúvel estão referidos no Anexo A.

De acordo com o referido anteriormente, também foram obtidos valores de concentração em termos de Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO), neste caso a 5 dias ( $\text{CBO}_5$ ), e de Azoto Total.

Em termos de  $\text{CBO}_5$  as amostragens escolhidas para realizar o balanço ao processo e consequente cálculo das cargas orgânicas foram as mesmas que foram utilizadas no cálculo das cargas orgânicas relativas à concentração em termos de CQO. Assim o procedimento de cálculo das cargas orgânicas relativas às duas amostragens, pasta solúvel e papaleira, para as concentrações em termos de  $\text{CBO}_5$ , é idêntico ao apresentado. Os valores necessários para o cálculo, que diferem, ou seja, as concentrações em termos de  $\text{CBO}_5$  encontram-se nas tabelas do ponto 5.1.

No que diz respeito ao cálculo das cargas orgânicas relativas à concentração em termos de Azoto Total, as amostragens escolhidas foram do dia 16 de Abril, em termos de produção de pasta solúvel e do dia 6 de Junho em termos de produção de pasta papaleira. O procedimento de cálculo das cargas orgânicas é idêntico ao já apresentado, sendo que os valores necessários encontram-se no Anexo A, assim como as respectivas concentrações nas tabelas do ponto 5.1

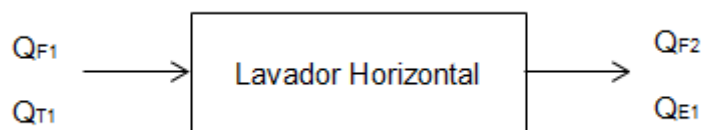
### 5.3. Balanço material aos equipamentos

Com o objetivo de obter as cargas orgânicas associadas a cada fase do processo é necessário realizar um balanço aos equipamentos. Para esse balanço é preciso conhecer todas as correntes que passam pelo equipamento, assim como a respetiva carga orgânica.

O cálculo da carga orgânica associada aos filtrados/efluentes obtidos do lavador horizontal, da prensa “DPA 921” e “DPA 928” e dos equipamentos “Sund 4” e “Sund 5”, é realizado de maneira direta multiplicando o valor de concentração em termos de CQO, expresso como mg CQO/L e o respetivo valor de caudal,  $Q_E$ , em  $\text{m}^3/\text{h}$ . Este valor de caudal é obtido por balanço entre as entradas e saídas em cada processo.

#### 5.3.1. Lavador horizontal

Assim, começando pelo lavador horizontal, equipamento do processo de lavagem e pelo seu filtrado/efluente denominado “licor fino”, o caudal é obtido através de um balanço. Em forma de esquema, o balanço está representado na figura nº9.



**Figura 9** – Diagrama representando os caudais à entrada e saída do lavador horizontal.

Sendo,  $Q_{T1}$ , o caudal de filtrado/efluente proveniente da prensa “DPA 921”, introduzido no lavador horizontal, em  $m^3/h$ , e de valor 75,4 para a amostragem do dia 2 de Maio,  $Q_{F1}$  o caudal de filtrado da pasta à entrada do lavador horizontal, em  $m^3/h$  e  $Q_{F2}$  o caudal de filtrado da pasta à saída do lavador horizontal, em  $m^3/h$  e  $Q_{E1}$  o caudal de “licor fino” obtido, em  $m^3/h$ , o caudal  $Q_{E1}$  é dado por,

$$Q_{E1} = (Q_{F1} + Q_{T1}) - Q_{F2}$$

Assim,

$$Q_{E1} = (406,3 + 75,4) - 51,2 \Rightarrow Q_{E1} = 430,5 m^3/h$$

A carga orgânica associada ao “licor fino”, definida por  $K_{E1}$ , em kg CQO/h é dada por,

$$K_{E1} = (Q_{E1} * 1000) * \left(\frac{C_E}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E1} = (430,5 * 1000) * \left(\frac{190000}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E1} = 81782 kg CQO/h$$

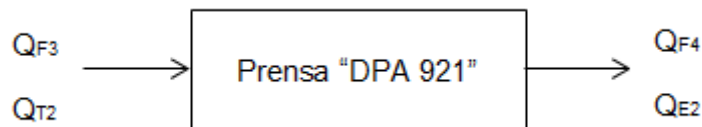
A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{PE1}$ . Neste caso,

$$K_{PE1} = \frac{K_{E1}}{P} \Rightarrow K_{PE1} = \frac{81782}{10,4} \Rightarrow K_{PE1} = 7851 kg CQO/t$$

com  $C_E$  a concentração do “licor fino” em termos de CQO expresso como mg/L de CQO.

### 5.3.2. Prensa “DPA 921”

O cálculo do caudal de filtrado/efluente proveniente da prensa “DPA 921” é obtido através de um balanço, representado em forma de esquema pela figura nº10.



**Figura 10** – Diagrama representando os caudais à entrada e saída da prensa “DPA 921”.

Sendo  $Q_{E2}$  o caudal de filtrado/efluente proveniente da prensa “DPA 921” em  $m^3/h$ ,  $Q_{F3}$  o caudal de filtrado da pasta à entrada da prensa “DPA 921”, em  $m^3/h$ ,  $Q_{F4}$  o caudal de filtrado da pasta à saída da prensa “DPA 921”, em  $m^3/h$ , o valor de  $Q_{T2}$  varia conforme o tipo de pasta produzido nesse dia. Assim em dia de pasta papelreira este caudal é de filtrado/efluente proveniente da prensa “DPA 928”, e em dias de produção de pasta solúvel é água fresca. Para a amostragem do dia 2 de Maio, dia de produção

de pasta solúvel, é introduzida água fresca, com um caudal de 32,8 m<sup>3</sup>/h. Então, o caudal Q<sub>E2</sub>, é dado por,

$$Q_{E2} = (Q_{F3} + Q_{T2}) - Q_{F4}$$

Logo,

$$Q_{E2} = (271,9 + 32,8) - 22,6 \Rightarrow Q_{E2} = 282,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Assim a carga orgânica associada ao filtrado/efluente proveniente da prensa “DPA 921”, definida por K<sub>E2</sub>, em kg CQO/h, é dada por,

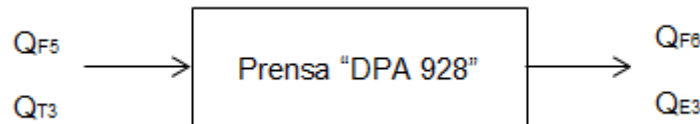
$$K_{E2} = (Q_{E2} * 1000) * \left(\frac{C_7}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E2} = (282,1 * 1000) * \left(\frac{16450}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E2} = 4640 \text{ kg CQO/h}$$

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por K<sub>PE2</sub>. Neste caso,

$$K_{PE2} = \frac{K_{E2}}{P} \Rightarrow K_{PE2} = \frac{4640}{10,4} \Rightarrow K_{PE2} = 445,4 \text{ kg CQO/t}$$

### 5.3.3. Prensa “DPA 928”

O cálculo do caudal de filtrado/efluente proveniente da prensa “DPA 928”, definido por Q<sub>E3</sub>, é obtido através de um balanço, representado em forma de esquema pela figura nº11.



**Figura 11** – Diagrama representando os caudais à entrada e saída da prensa “DPA 928”.

Sendo Q<sub>F5</sub> o caudal de filtrado da pasta à entrada da prensa “DPA 928”, em m<sup>3</sup>/h, Q<sub>F6</sub> o caudal de filtrado da pasta à saída da prensa “DPA 928”, em m<sup>3</sup>/h, Q<sub>T3</sub> é o caudal de água fresca, em m<sup>3</sup>/h, introduzido na prensa “DPA 928”. Este valor é obtido das folhas do processo (29,3 m<sup>3</sup>/h para a amostragem de dia 2 Maio). Então, o caudal Q<sub>E3</sub>, é dado por,

$$Q_{E3} = (Q_{F5} + Q_{T3}) - Q_{F6}$$

Para a amostragem do dia 2 de Maio,

$$Q_{E3} = (250,0 + 29,3) - 15,7 \Rightarrow Q_{E3} = 263,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Assim a carga orgânica associada ao filtrado/efluente proveniente da prensa “DPA 928”, definida por K<sub>E3</sub>, em kg CQO/h, é dada por,

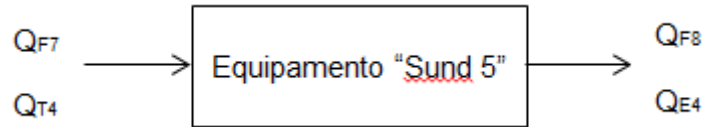
$$K_{E3} = (Q_{E3} * 1000) * \left(\frac{C_8}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E3} = (263,6 * 1000) * \left(\frac{4760}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E3} = 1255 \text{ kg CQO/h}$$

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{PE3}$ . Neste caso,

$$K_{PE3} = \frac{K_{E3}}{P} \Rightarrow K_{PE3} = \frac{1255}{10,4} \Rightarrow K_{PE3} = 120,5 \text{ kg CQO/t}$$

#### 5.3.4. Equipamento “Sund 5”

O cálculo do caudal de filtrado/efluente proveniente do equipamento “Sund 5”, definido por  $Q_{E4}$ , em  $m^3/h$ , é obtido através de um balanço, representado em forma de esquema pela figura nº12.



**Figura 12** – Diagrama representando os caudais à entrada e saída do equipamento “Sund 5”.

Sendo  $Q_{F7}$  o caudal de filtrado da pasta à entrada do equipamento “Sund 5”, em  $m^3/h$ ,  $Q_{F8}$  o caudal de filtrado da pasta à saída equipamento “Sund 5”, em  $m^3/h$ , o valor de  $Q_{T4}$  é o caudal de filtrado/efluente proveniente do equipamento “Sund 4”, em  $m^3/h$ , que é introduzido no equipamento “Sund 5”. Para a amostragem considerada, dia 2 de Maio o valor é de  $104,2 m^3/h$ . Então, o caudal  $Q_{E4}$ , é dado por,

$$Q_{E4} = (Q_{F7} + Q_{T4}) - Q_{F8}$$

$$Q_{E4} = (80,2 + 104,2) - 50,9 \Rightarrow Q_{E4} = 133,5 m^3/h$$

Assim a carga orgânica associada ao filtrado/efluente proveniente do equipamento “Sund 5”, definida por  $K_{E4}$ , em kg CQO/h, é dada por,

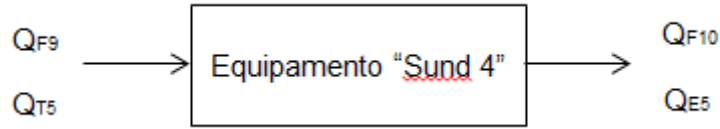
$$K_{E4} = (Q_{E4} * 1000) * \left(\frac{C_9}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E4} = (133,5 * 1000) * \left(\frac{9500}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E4} = 1268 \text{ kg CQO/h}$$

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{PE4}$ . Neste caso,

$$K_{PE4} = \frac{K_{E4}}{P} \Rightarrow K_{PE4} = \frac{1268}{10,4} \Rightarrow K_{PE4} = 121,8 \text{ kg CQO/t}$$

### 5.3.5. Equipamento “Sund 4”

O cálculo para o efluente/filtrado proveniente do equipamento “Sund 4, definido por  $Q_{E5}$ , em  $m^3/h$  é obtido através de um balanço, representado em forma de esquema pela figura nº13.



**Figura 13** – Diagrama representando os caudais à entrada e saída do equipamento “Sund 4”.

Sendo  $Q_{F9}$  o caudal de filtrado da pasta à entrada do equipamento “Sund 4”, em  $m^3/h$ ,  $Q_{F10}$  o caudal de filtrado da pasta à saída equipamento “Sund 4”, em  $m^3/h$ , o valor de  $Q_{T5}$  é o caudal de filtrado/efluente denominado “águas brancas” proveniente do processo de secagem, em  $m^3/h$ , que é introduzido no equipamento “Sund 4”. Para a amostragem considerada, o dia 2 de Maio, o valor é de  $104,2 m^3/h$ . Assim o caudal  $Q_{E5}$  é dado por,

$$Q_{E5} = (Q_{F9} + Q_{T5}) - Q_{F10}$$

O cálculo de  $Q_{F9}$  é dado por,

$$Q_{F9} = Q_{F8} + Q_{A4} \Rightarrow Q_{F9} = 50,9 + 16,8 \Rightarrow Q_{F9} = 67,7 m^3/h$$

com  $Q_{F8}$ , em  $m^3/h$ , o caudal de filtrado da pasta à saída do equipamento “Sund 5”, já calculado anteriormente e  $Q_{A4}$ , em  $m^3/h$ , o caudal de diluição utilizado para diluir a pasta à entrada do equipamento “Sund 4”.

Então,

$$Q_{E5} = (67,7 + 104,2) - 53,9 \Rightarrow Q_{E5} = 118,0 m^3/h$$

Assim a carga orgânica associada ao filtrado/efluente proveniente do equipamento “Sund 4”, definida por  $K_{E5}$ , em  $kg CQO/h$ , é dada por,

$$\begin{aligned} K_{E5} &= (Q_{E5} * 1000) * \left(\frac{C_{10}}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E4} = (171,3 * 1000) * \left(\frac{2472}{1000000}\right) \Rightarrow K_{E4} \\ &= 291,6 kg CQO/h \end{aligned}$$

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{PE5}$ . Neste caso,

$$K_{PE5} = \frac{K_{E5}}{P} \Rightarrow K_{PE5} = \frac{291,6}{10,4} \Rightarrow K_{PE5} = 28,0 kg CQO/t$$

## 5.4. Carga orgânica associada aos “Overflows” do processo

Cada uma das fases do processo possui efluentes que não são reintroduzidos no processo, sendo denominados de “overflow”. Este “overflow” é encaminhado para a ETAR. Existe “overflow” na prensa “DPA 928” e nos equipamentos “Sund 5” e “Sund 4”. Começando pelo cálculo do caudal de “overflow” da prensa “DPA 928”,  $Q_{W1}$ , em  $m^3/h$ , é dado por,

$$Q_{W1} = Q_{E2} - Q_{A2} \Rightarrow Q_{W1} = 263,6 - 227,4 \Rightarrow Q_{W1} = 36,2 \text{ m}^3/h$$

com  $Q_{E2}$  o caudal de filtrado/efluente obtido da prensa “DPA 928”, em  $m^3/h$ ,  $Q_{A2}$  o caudal de efluente/filtrado adicionado para diluir a pasta à entrada da prensa “DPA 928”, em  $m^3/h$ , e  $Q_{W1}$  o caudal de “overflow” da prensa “DPA 928”, em  $m^3/h$ .

Assim, a carga orgânica associada ao “overflow” da prensa “DPA 928”, definido por  $K_{W1}$ , em kg CQO/h, é dada por,

$$K_{W1} = (Q_{W1} * 1000) * \left(\frac{C_8}{1000000}\right) \Rightarrow K_{W1} = (36,2 * 1000) * \left(\frac{4760}{1000000}\right) \Rightarrow K_{W1} = 172 \text{ kg CQO/h}$$

com  $C_8$  a concentração do filtrado/efluente proveniente da prensa “DPA 928” em termos de mg/L CQO.

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{PW1}$ . Neste caso,

$$K_{PW1} = \frac{K_{W1}}{P} \Rightarrow K_{PW1} = \frac{172}{10,4} \Rightarrow K_{PW1} = 16,6 \text{ kg CQO/ton}$$

O cálculo do caudal de “overflow” proveniente do equipamento “Sund 5” é idêntico ao apresentado anteriormente. Assim,

$$Q_{W2} = Q_{E3} - Q_{A3} \Rightarrow Q_{W2} = 133,5 - 64,5 \Rightarrow Q_{W2} = 69,0 \text{ m}^3/h$$

Com  $Q_{E3}$  o caudal de filtrado/efluente obtido do equipamento “Sund 5”, em  $m^3/h$ ,  $Q_{A3}$  o caudal de efluente/filtrado adicionado para diluir a pasta à entrada do equipamento “Sund 5”, em  $m^3/h$ , e  $Q_{W2}$  o caudal de “overflow” do equipamento “Sund 5”, em  $m^3/h$ .

A carga orgânica associada ao “overflow” do equipamento “Sund 5”, definido por  $K_{W2}$ , em kg CQO/h, é dada por,

$$K_{W2} = (Q_{W2} * 1000) * \left(\frac{C_9}{1000000}\right) \Rightarrow K_{W2} = (69,0 * 1000) * \left(\frac{9500}{1000000}\right) \Rightarrow K_{W2} = 655,8 \text{ kg CQO/h}$$

Com  $C_9$  a concentração do filtrado/efluente proveniente do equipamento “Sund 5”, em termos de CQO em miligramas de CQO por litro.

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{PW2}$ . Neste caso,

$$K_{PW2} = \frac{K_{W2}}{P} \Rightarrow K_{PW2} = \frac{655,8}{10,4} \Rightarrow K_{PW2} = 63,0 \text{ kg CQO/t}$$

Por último é apresentado o cálculo do caudal de “overflow” proveniente do equipamento “Sund 4”.

Assim,

$$Q_{W3} = Q_{E4} - Q_{T4} \Rightarrow Q_{W3} = 118,0 - 104,2 \Rightarrow Q_{W3} = 13,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Com  $Q_{E4}$  o caudal de filtrado/efluente obtido do equipamento “Sund 4”, em  $\text{m}^3/\text{h}$ ,  $Q_{T4}$  o caudal de efluente/filtrado proveniente do “Sund 4” adicionado ao equipamento “Sund 5”, em  $\text{m}^3/\text{h}$ , e  $Q_{W3}$  o caudal de “overflow” do equipamento “Sund 4”, em  $\text{m}^3/\text{h}$ .

A carga orgânica associada ao “overflow” do equipamento “Sund 4”, definido por  $K_{W3}$ , em kg CQO/h, é dada por,

$$\begin{aligned} K_{W3} &= (Q_{W3} * 1000) * \left(\frac{C_{10}}{1000000}\right) \Rightarrow K_{W3} = (13,8 * 1000) * \left(\frac{2472}{1000000}\right) \Rightarrow K_{W3} \\ &= 34,0 \text{ kg CQO/h} \end{aligned}$$

com  $C_{10}$  a concentração do filtrado/efluente proveniente do equipamento “Sund 4”, em mg/L CQO.

A carga orgânica pode também ser expressa em termos de toneladas diárias de pasta produzida, definida por  $K_{PW3}$ . Neste caso,

$$K_{PW3} = \frac{K_{W3}}{P} \Rightarrow K_{PW3} = \frac{34,0}{10,4} \Rightarrow K_{PW3} = 3,3 \text{ kg CQO/t}$$

## 5.5. Tabelas resumo

Nas tabelas seguintes são apresentadas as cargas orgânicas obtidas para todos os parâmetros definidos, em termos de Carência Química de Oxigénio (CQO), em termos de Carência Bioquímica de Oxigénio a 5 dias ( $\text{CBO}_5$ ) e em termos de Azoto Total, para as amostragens de pasta solúvel e pasta papeleira.

### 5.5.1. Lavagem

No processo de lavagem foi calculada a carga orgânica dos respetivos filtrados/efluentes para o lavador horizontal e prensa “DPA 921” e “DPA 928”.



### 5.5.1.1. Lavador Horizontal

Do lavador horizontal foi calculada a carga orgânica:

- Do filtrado da pasta à entrada do lavador horizontal (Tabela nº40);

**Tabela 40** – Carga orgânica do filtrado da pasta à entrada do lavador horizontal.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	98259	7882	20127	1610	45,7	3,7
<b>Pasta solúvel</b>	89375	8580	16656	1599	45,4	4,4

- Do filtrado da pasta à saída do lavador horizontal (Tabela nº41);

**Tabela 41** – Carga orgânica do filtrado da pasta à saída do lavador horizontal.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	2787	223,0	334,6	26,8	0,79	0,063
<b>Pasta solúvel</b>	1030	98,8	174,1	16,7	1,8	0,17

- Do seu efluente, denominado por “licor fino”:
  - Total (Tabela nº42):

**Tabela 42** – Carga orgânica do “licor fino” total obtido do lavador horizontal.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	97667	7813	22100	1768	252,3	20,2
<b>Pasta solúvel</b>	81782	7851	15711	1508	196,7	18,9

- Recirculado (Tabela nº43):

**Tabela 43** – Carga orgânica do “licor fino” recirculado.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	77253	6180	17607	1409	199,6	16,0
<b>Pasta solúvel</b>	62927	6041	12089	1161	155,5	14,9

- Encaminhado para a evaporação (Tabela nº44):

**Tabela 44** – Carga orgânica do “licor fino” encaminhado para a evaporação.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeleira</b>	20413	1633	4493	359,4	52,7	4,2
<b>Pasta solúvel</b>	18855	1810	3622	347,7	41,3	4,0

### 5.5.1.2. Prensa “DPA 921”

Da prensa “DPA 921” foi calculada a carga orgânica:

- Do filtrado da pasta à entrada (Tabela nº45);

**Tabela 45** – Carga orgânica do filtrado da pasta à entrada da prensa “DPA921”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeleira</b>	9826	786,1	1563	125,0	9,3	0,75
<b>Pasta solúvel</b>	4659	447,3	803,0	77,1	2,4	0,23

- Do filtrado da pasta à saída (Tabela nº46);

**Tabela 46** – Carga orgânica do filtrado da pasta à saída da prensa “DPA 921”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeleira</b>	477,1	38,2	60,4	4,8	0,41	0,032
<b>Pasta solúvel</b>	221,6	21,3	30,0	2,9	0,13	0,013

- Do efluente (Tabela nº47).

**Tabela 47** – Carga orgânica do filtrado/efluente obtido da prensa “DPA 921”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeleira</b>	9760	783,2	1615	129,2	11,9	0,95
<b>Pasta solúvel</b>	4640	445,4	803,9	77,2	0,86	0,082

### 5.5.1.3. Prensa “DPA 928”

Da prensa “DPA 928” foi calculada a carga orgânica:

- Do filtrado da pasta à entrada (Tabela nº48);

**Tabela 48** – Carga orgânica do filtrado da pasta à entrada da prensa “DPA928”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papelreira</b>	3468	239,3	388,2	26,2	4,73	0,35
<b>Pasta solúvel</b>	1304	103,9	183,4	14,7	0,60	0,04

- Do filtrado da pasta à saída (Tabela nº49);

**Tabela 49** – Carga orgânica do filtrado da pasta à saída da prensa “DPA 928”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papelreira</b>	98,1	7,9	13,6	1,1	0,086	0,0068
<b>Pasta solúvel</b>	33,9	3,3	6,7	0,64	0,034	0,0033

- Do filtrado/efluente obtido (Tabela nº50):

**Tabela 50** – Carga orgânica do filtrado obtido da prensa “DPA 928”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papelreira</b>	3447	275,8	381,1	30,5	4,98	0,40
<b>Pasta solúvel</b>	1255	120,5	177,9	17,1	0,53	0,05

- Uma parte não é reintroduzida no processo, sendo esta denominada, em termos técnicos, de “overflow” (Tabela nº51).

**Tabela 51** – Carga orgânica do “overflow” da prensa “DPA 928”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papelreira</b>	456,5	36,5	53,3	4,3	0,66	0,053
<b>Pasta solúvel</b>	172,4	16,6	24,4	2,3	0,062	0,0060

## 5.5.2. Branqueamento

Do processo de branqueamento foi calculada a carga orgânica para os equipamentos “Sund 5” e “Sund 4”.

### 5.5.2.1. “Sund 5”

No equipamento “Sund 5” foi calculada a carga orgânica:

- Do filtrado da pasta à entrada (Tabela nº52);

**Tabela 52** – Carga orgânica do filtrado da pasta à entrada do “Sund 5”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeleira</b>	616,4	49,3	198,0	15,8	1,24	0,10
<b>Pasta solúvel</b>	646,4	62,1	341,9	32,8	0,65	0,063

- Do filtrado da pasta à saída (Tabela nº53);

**Tabela 53** – Carga orgânica do filtrado da pasta à saída do “Sund 5”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeleira</b>	205,0	16,4	69,7	5,6	0,51	0,041
<b>Pasta solúvel</b>	173,2	16,6	73,7	7,1	0,44	0,042

- Do filtrado/efluente obtido (Tabela nº54):

**Tabela 54** – Carga orgânica do filtrado obtido do “Sund 5”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeleira</b>	1161	92,9	398,1	31,8	2,6	0,21
<b>Pasta solúvel</b>	1268	121,8	694,2	66,6	1,2	0,11

- Uma parte não é reintroduzida no processo – o “overflow” (Tabela nº55).

**Tabela 55 – Carga orgânica do “overflow” do “Sund 5”.**

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	642,9	51,4	213,7	17,1	1,43	0,11
<b>Pasta solúvel</b>	655,8	63,0	359,0	34,5	0,55	0,053

#### 5.5.2.2. “Sund 4”

No equipamento “Sund 4” foi calculada a carga orgânica:

- Do filtrado da pasta à entrada (Tabela nº56);

**Tabela 56 – Carga orgânica do filtrado da pasta à entrada do “Sund 4”.**

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	265,7	21,3	86,2	6,9	0,61	0,049
<b>Pasta solúvel</b>	214,7	20,6	88,5	8,5	0,48	0,046

- Do filtrado da pasta à saída (Tabela nº57);

**Tabela 57 – Carga orgânica do filtrado da pasta à saída do “Sund 4”.**

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	74,9	6,0	8,9	0,71	0,25	0,020
<b>Pasta solúvel</b>	79,1	7,6	16,2	1,6	0,20	0,019

- Do filtrado/efluente obtido (Tabela nº58):

**Tabela 58 – Carga orgânica do filtrado obtido do “Sund 4”.**

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	404,8	32,4	109,8	8,8	0,67	0,054
<b>Pasta solúvel</b>	291,6	28,0	103,8	10,0	0,29	0,028

- Uma parte não é reintroduzida no processo – o “overflow” (Tabela nº59).

**Tabela 59** – Carga orgânica do “overflow” do “Sund 4”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	63,1	5,0	17,1	1,4	0,10	0,0083
<b>Pasta solúvel</b>	34,0	3,3	12,1	1,2	0,057	0,054

### 5.5.3. Secagem

Do processo de secagem foi calculada a carga orgânica dos respetivos efluentes analisados:

- Efluente dos hidrociclones (Tabela nº60);

**Tabela 60** – Carga orgânica do efluente dos hidrociclones.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	3,33	0,27	0,31	0,025	-	-
<b>Pasta solúvel</b>	1,69	0,16	0,08	0,008	-	-

- Efluente denominado “águas brancas” (Tabela nº61);

**Tabela 61** – Carga orgânica do efluente denominado “águas brancas”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	12,79	1,02	2,34	0,19	-	-
<b>Pasta solúvel</b>	11,11	1,07	0,45	0,04	-	-

- Efluente proveniente das prensas húmidas, denominado “água das prensas” (Tabela nº62).

**Tabela 62** – Carga orgânica do efluente denominado “água das prensas”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	7,79	0,62	1,60	0,13	-	-
<b>Pasta solúvel</b>	7,27	0,70	0,96	0,09	-	-

#### 5.5.4. Evaporação

Do processo de evaporação foi calculada a carga orgânica dos respectivos efluentes analisados:

- Condensado “limpo 1009” (Tabela nº63);

**Tabela 63** – Carga orgânica do condensado “limpo 1009”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	1049	83,9	552,8	44,2	1,09	0,087
<b>Pasta solúvel</b>	1113	106,9	676,5	64,9	0,87	0,084

- Condensado “limpo 2001” (Tabela nº64);

**Tabela 64** – Carga orgânica do condensado “limpo 2001”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	412,7	33,0	196,3	15,7	0,13	0,010
<b>Pasta solúvel</b>	445,9	42,8	176,3	16,9	0,10	0,0094

- Condensado “sujo” (Tabela nº65).

**Tabela 65** – Carga orgânica do condensado “sujo”.

	CQO		CBO <sub>5</sub>		Azoto Total	
	Carga orgânica (kg CQO/h)	Carga orgânica (kg CQO/t)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /h)	Carga orgânica (kg CBO <sub>5</sub> /t)	Carga orgânica (kg NT/h)	Carga orgânica (kg NT/t)
<b>Pasta papeteira</b>	95,6	7,6	40,3	3,2	0,21	0,017
<b>Pasta solúvel</b>	9,7	0,93	5,7	0,55	0,059	0,0057

*Caracterização do processo de produção de pasta de celulose ao sulfito: caracterização de pasta, efluentes e cargas orgânicas do processo.*



## 6. Discussão de resultados

As análises efetuadas tiveram como objetivo, obter uma caracterização geral do processo de produção de pasta de papel, com análise de parâmetros como o CQO, COB<sub>5</sub>, Azoto Total, SST e Teor de matéria seca e posteriormente, o cálculo das cargas orgânicas associadas ao processo. É importante referir que as análises efetuadas nos dias 22 e 23 de Março, foram efetuadas no período de arranque do processo fabril que esteve parado durante uma semana para manutenção.

A caracterização geral do processo foi efetuada iniciando pelo parque de madeiras onde foi analisado o efluente. Este foi recolhido, nas primeiras duas amostragens, diretamente nos fundos do equipamento de alimentação de madeira, onde é utilizada água para lubrificar o equipamento, e em relação às outras amostragens, estas foram realizadas à entrada da ETAR. Em termos de concentração o valor mais alto de CQO foi registado na amostra proveniente do equipamento de alimentação de madeira. A análise à água de alimentação para a lubrificação dos equipamentos revelou valores baixos em todos os parâmetros, como seria de esperar para uma água da rede fabril.

No processo de cozimento da estilha da madeira, a amostra analisada foi na forma de uma bola de pasta retirada do digestor, onde a estilha juntamente com o ácido de cozimento é digerida. As concentrações dos parâmetros analisados foram, em média, de 47,0 g CQO/L, 9,2 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 28 mg/L de Azoto Total para a amostragem realizada em dias de produção de pasta solúvel. Em amostragens relativas a dias de produção de pasta papeleira, as concentrações são semelhantes em termos de CQO, que apresenta, em média, cerca de 45,4 g CQO/L. Já em relação à concentração em termos de CBO<sub>5</sub>, o valor é superior, sendo de 36,0 g O<sub>2</sub>/L, em relação a dias de produção de pasta solúvel. Quanto à concentração em termos de Azoto Total, o valor é de 5 mg/L de Azoto Total. A amostra de cozimento apresentou um teor de matéria seca de cerca de 18%.

No processo de crivagem, a análise do filtrado obtido com a ajuda de uma prensa mecânica, da amostra de nós da madeira revelou concentrações de, em média, 227 g CQO/L, 43 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e de 216 mg/L de Azoto Total. O teor de matéria seca foi, em média, de 35% sendo o valor obtido na amostra de dia 11 de Abril não considerado por o período de secagem não ter sido o suficiente. A análise do filtrado, obtido da mesma maneira que o anterior, dos nós de menores dimensões (“shives”) da madeira, apresentou concentrações de, em média, 23,6 g CQO/L, 3,6 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>. Para o Azoto Total os valores são baixos, na ordem de 5 mg/L. A análise à amostra da junção (Nós + “Shives”) à saída do processo revelou concentrações de, 205 g CQO/L, 36,0 g

O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 280 mg/L de Azoto Total. O teor de matéria seca rondou os 35%, com o valor obtido na amostra do dia 11 de Abril, não considerada pelas mesmas razões já referidas anteriormente.

A caracterização da pasta em todo o processo produtivo foi feita com recurso à análise ao líquido espremido e ou filtrado obtido, por vezes, com a ajuda de uma prensa mecânica. A amostra de pasta foi também usada para a determinação do teor de matéria seca. Nos parágrafos seguintes são discutidos os valores obtidos para cada fase do processo, considerando o tipo de produção durante a amostragem – pasta solúvel e pasta papelreira.

Considerando o lavador horizontal, um dos equipamentos do processo de lavagem da pasta, as concentrações do filtrado obtido da amostra de pasta à entrada, foram para a amostragem relativa à produção de pasta solúvel de, em média, 217 g CQO/L, 43 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 197 mg/L de Azoto Total, enquanto para a amostragem relativa à produção de pasta papelreira, as concentrações obtidas são semelhantes, para o CQO e CBO<sub>5</sub> (213 g CQO/L de CQO e 44 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>). E cerca de metade para o Azoto Total (100 mg/L). O teor de matéria seca da amostra de pasta é, em média, de 3%, não tendo sido considerados os valores obtidos superiores a este valor por serem incorretos, face aos valores de registo fabris.

A amostragem de pasta solúvel à saída do lavador horizontal apresentou concentrações de, em média, 29 g CQO/L, 3,9 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 25 mg/L de Azoto Total. Em relação à pasta papelreira, as concentrações são superiores, às obtidas na amostragem de pasta solúvel para o CQO e CBO<sub>5</sub> com valores de, em média, 34 g CQO/L, 5,9 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>. Em relação ao Azoto Total o valor é inferior sendo de 10 mg/L. O teor de matéria seca da amostra de pasta obtido é, em média, de 16% não tendo sido considerados os valores obtidos superiores a este valor, por serem incorretos, face aos registos fabris.

Na amostragem de pasta solúvel à saída da prensa “DPA 921”, as concentrações obtidas pela análise do líquido obtido com a ajuda de uma prensa mecânica, foram, em média, de 12,8 g CQO/L, 1,5 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 6,3 mg/L de Azoto Total. A amostragem relativa à pasta papelreira apresenta valores de concentração superiores aos obtidos para a pasta solúvel – cerca de 18,4 g CQO/L, 1,5 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 16,8 mg/L de Azoto Total. O teor de matéria seca da amostra de pasta obtido é de, em média, 35 %, com o valor obtido na amostra recolhida a 11 de Abril a não ser considerado por não ser apresentável devido às condições operatórias.

Considerando a prensa denominada “DPA 928”, a amostragem de pasta solúvel à saída, apresenta em média, concentrações para o líquido obtido com a ajuda de uma

prensa mecânica, de 3,6 g CQO/L de CQO, de 462 mg O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e de 1,4 mg/L de Azoto Total. Para a amostra de pasta papaleira as concentrações obtidas foram superiores, em todos os parâmetros, em relação à amostra de pasta solúvel. As concentrações foram, em média, de 5,7 g CQO/L, 975 mg O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e de 5 mg/L de Azoto Total. O teor de matéria seca da amostra de pasta é, em média, de 38%, sendo que os valores obtidos superiores a 42% não são considerados por serem considerados incorretos, face aos registos fabris.

Do processo de branqueamento da pasta, faz parte o equipamento denominado “Sund 5”. Para a amostragem de pasta solúvel, considerando o líquido obtido após espremer a pasta, as concentrações obtidas foram, em média, de 3,2 g CQO/L, 1,4 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 7,1 mg/L de Azoto Total. Para a amostragem de pasta papaleira, as concentrações obtidas foram semelhantes às concentrações obtidas para a pasta solúvel, sendo, em média, de 3,3 g CQO/L, 1,0 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 7,3 mg/L de Azoto Total. O teor de matéria seca da amostra de pasta obtido foi de, em média, 16%. O valor obtido para a análise do dia 23 de Abril, não foi considerado por não ser considerado representativo face às condições operatórias.

O denominado “Sund 4” é outro dos equipamentos que faz parte do processo de branqueamento. Considerando a pasta solúvel e o líquido obtido após espremer a pasta à saída do equipamento, as concentrações obtidas foram, em média, de 1,3 g CQO/L, 480 mg O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 5,6 mg/L de Azoto Total. Em relação à amostragem de pasta papaleira, as concentrações obtidas foram inferiores às obtidas para a pasta solúvel, sendo, em média, de 900 mg CQO/L, 140 mg O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 3,9 mg/L de Azoto Total. O teor de matéria seca da amostra de pasta obtido foi, em média, de 16%. O valor obtido para a análise dos dias 11 e 23 de Abril, não foram considerados por serem considerados não representativos.

O processo de produção de pasta de papel como qualquer processo industrial origina, no seu normal funcionamento, efluentes. Esses efluentes foram recolhidos e analisados, sendo de seguida apresentada a sua caracterização, assim como uma comparação entre efluentes gerados em dias de produção de pasta solúvel e de pasta papaleira.

Começando a análise pelo processo de lavagem da pasta e considerando o lavador horizontal, o efluente gerado é denominado “licor fino”. As concentrações obtidas, em dia de produção de pasta solúvel, foram, em média, de 197 g CQO/L, 39,8 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>, 352 mg/L de SST e 413 mg/L de Azoto Total. As concentrações obtidas para a análise do “licor fino” associado à produção de pasta papaleira, foram ligeiramente superiores às obtidas para o dia associado à produção de pasta solúvel.

As concentrações obtidas foram, em média, de 208 g CQO/L, 46,0 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 540 mg/L de Azoto Total.

Do processo de lavagem faz também parte a prensa “DPA 921”, tendo sido analisado o seu efluente. As concentrações obtidas para a amostragem realizada em dia de produção de pasta solúvel foram, em média, de 21 g CQO/L, 2,7 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>, 603 mg/L de SST e 3,5 mg/L de Azoto Total. Para a amostragem realizada em dia de produção de pasta papaleira, as concentrações obtidas foram superiores às obtidas para o dia de produção de pasta solúvel. As concentrações obtidas foram em média, de 30 g CQO/L, 5,1 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 37,6 mg/L de Azoto Total.

A prensa “DPA 928” é outro dos equipamentos que faz parte do processo de lavagem. O efluente produzido em dia de produção de pasta solúvel, apresenta concentrações, em média, de 6,6 g CQO/L, 738 mg O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>, 260 mg/L de SST e inferior a 2 mg/L de Azoto Total (limite de detecção do método). As concentrações obtidas, para a amostragem do efluente em dia de produção de pasta papaleira, são superiores às obtidas em dia de produção de pasta solúvel. Os valores obtidos foram em média, de 10 g CQO/L de CQO, 1,2 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 15,5 mg/L de Azoto Total.

Foi também analisada a água da rede fabril utilizada nas prensas, tendo as concentrações obtidas sido baixas, como seria de esperar para uma água da rede fabril.

No processo de branqueamento da pasta faz parte o equipamento “Sund 5”, tendo sido analisado o seu efluente. Assim o efluente associado ao dia de produção de pasta solúvel, apresenta concentrações em média, de 10,9 g CQO/L, 5,2 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>, 98,7 g de SST e 5,8 mg/L de Azoto Total. As concentrações obtidas para a análise ao efluente produzido em dia de produção de pasta papaleira são inferiores às obtidas em dia de produção de pasta solúvel, para os parâmetros de CQO e CBO<sub>5</sub>, enquanto para o Azoto Total as concentrações são superiores. Estas concentrações apresentam valores em média, de 6,9 g CQO/L, 2,4 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 15,6 mg/L de Azoto Total.

Considerando o efluente proveniente do equipamento “Sund 4”, também do processo de branqueamento, as concentrações obtidas, para o efluente associado ao dia de produção de pasta solúvel, foram em média, de 2,8 g CQO/L, 1,1 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>, 150 mg/L de SST e inferior a 2 mg/L de Azoto Total. As concentrações obtidas para o efluente produzido associado à produção de pasta papaleira, são inferiores às obtidas para o efluente associado ao dia de produção de pasta solúvel, em termos dos parâmetros – CQO e CBO<sub>5</sub>, enquanto relativamente ao parâmetro – Azoto Total o valor de concentração é semelhante. Os valores obtidos foram, em média, de 2,1 g CQO/L, 640 mg O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>, 150 mg/L de SST e cerca de 2 mg/L de Azoto Total.

No processo de secagem da pasta foram analisados três efluentes (efluente dos hidrociclones, efluente denominado “águas brancas” e efluente das prensas húmidas), sendo apresentada a sua caracterização, assim como uma comparação em função das diferentes produção de pasta – solúvel ou papelreira. Assim o efluente proveniente dos hidrociclones e considerando o dia de produção de pasta solúvel, as concentrações obtidas são em média, de 404 mg CQO/L, 17 mg O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>, 112 mg/L de SST e inferior a 2 mg/L de Azoto Total. As concentrações obtidas associadas ao efluente produzido em dia de produção de pasta papelreira são superiores às associadas ao efluente em dia de produção de pasta solúvel, para os parâmetros de CQO e CBO<sub>5</sub>. As concentrações obtidas são, em média, de 476 mg CQO/L, 53 mg O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>. Em relação ao Azoto Total o valor é inferior a 2 mg/L.

Considerando o efluente denominado “águas brancas”, as concentrações obtidas associadas à produção de pasta solúvel foram, em média, de 434 mg CQO/L, 15 mg O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>, 70 mg/L de SST e inferior a 2 mg/L de Azoto Total. Para a análise do efluente associado à produção de pasta papelreira, as concentrações obtidas são, em termos de CQO inferiores às obtidas em dia de produção de pasta solúvel – cerca de 360 mg CQO/L. Em termos de CBO<sub>5</sub>, as concentrações obtidas são superiores em dia de produção de pasta papelreira – cerca de 65 mg O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>, enquanto em termos de Azoto Total as concentrações são semelhantes - inferiores a 2 mg/L de Azoto Total.

Relativamente à água proveniente das prensas húmidas, as pelas concentrações obtidas associadas à produção de pasta solúvel foram, em média, de 521 mg CQO/L, 62 mg O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>, 55 mg/L de SST e inferiores a 2 mg/L de Azoto Total. Para a análise ao efluente associado à produção de pasta papelreira, as concentrações obtidas são, em termos de CQO inferiores às obtidas em dia de produção de pasta solúvel – cerca de 454 mg CQO/L. Em termos de CBO<sub>5</sub>, as concentrações obtidas são superiores em dia de produção de pasta papelreira – cerca de 86 mg O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>, enquanto em termos de Azoto Total as concentrações são semelhantes - inferiores a 2 mg/L de Azoto Total.

Ainda no processo de secagem foi analisada a água “fresca” sendo que esta apresenta concentrações baixas em todos os parâmetros analisados.

No processo de evaporação foram analisados quatro efluentes (condensado “limpo 1009”, condensado “limpo 2001”, condensado “sujo” e licor concentrado, sendo apresentada a sua caracterização em termos das concentrações dos parâmetros já definidos, assim como uma comparação destas concentrações associadas à produção de pasta solúvel ou papelreira.

No que respeita ao efluente denominado condensado “limpo 1009” e associado à produção de pasta solúvel, as concentrações obtidas foram, em média, de 20,7 g CQO/L, 11,2 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>, 38 mg/L de SST e 14,5 mg/L de Azoto Total. Para a análise ao efluente associada à produção de pasta papelreira, as concentrações obtidas são ligeiramente inferiores às obtidas em dia de produção de pasta solúvel que os parâmetros CQO e CBO<sub>5</sub> (17,9 g CQO/L e 9,8 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>). Em relação à concentração em termos de Azoto Total, esta é superior à obtida em produção de pasta solúvel, sendo o valor obtido de 19,3 mg/L de Azoto Total.

Para o efluente o condensado “limpo 2001”, as concentrações para o efluente associado à produção de pasta solúvel foram, em média, de 19,2 g CQO/L, 7,0 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>, inferiores a 2 mg/L de SST e 4,4 mg/L de Azoto Total. A análise ao efluente associado à produção de pasta papelreira, para os parâmetros CQO e CBO<sub>5</sub>, apresenta concentrações inferiores às obtidas, em relação à produção de pasta solúvel, sendo os valores obtidos, em média, de 17,2 g CQO/L, 8,4 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>. Para o parâmetro Azoto Total, as concentrações obtidas são ligeiramente superiores às obtidas para a produção de pasta solúvel – cerca de 5,6 mg/L de Azoto Total.

Relativamente ao condensado “sujo” as concentrações obtidas, para o efluente proveniente da produção de pasta solúvel foram, em média, de 21,5 g CQO/L, 9,2 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub>, 28 mg/L de SST e 14,3 mg/L de Azoto Total. O efluente proveniente da produção de pasta papelreira registou concentrações inferiores às obtidas para o efluente proveniente da produção de pasta solúvel, para os parâmetros CQO e CBO<sub>5</sub>, enquanto em relação à concentração em termos de Azoto Total esta é maior no efluente proveniente da produção de pasta papelreira. Os valores obtidos foram em média, de 18,6 g CQO/L, 6,6 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 34,6 mg/L de Azoto Total.

Para o efluente denominado por licor concentrado, as concentrações obtidas para a análise correspondente à produção de pasta solúvel foram, em média, de 913 g CQO/L, 100,0 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 1,2 g/L de Azoto Total. Em relação à análise correspondente à produção de pasta papelreira, as concentrações são ligeiramente superiores às obtidas para a produção de pasta solúvel, em média, de 983 g CQO/L, 105,0 g O<sub>2</sub>/L de CBO<sub>5</sub> e 1,4 g/L de Azoto Total. Para o licor concentrado foi ainda determinado o teor em matéria seca com um valor médio de 51,5%.

Na fase de evaporação são realizadas lavagens, denominadas “lavagens de efeito”, tendo sido realizadas amostragens de duas dessas lavagens, realizadas respetivamente com Hidróxido de Sódio e Ácido Nítrico. A análise à amostra da lavagem com Hidróxido de Sódio revelou concentrações, em termos de CQO, muito variadas, numa gama entre 52,4 g CQO/L e 3,6 g CQO/L. As concentrações em

termos de  $\text{CBO}_5$  e Azoto Total foram em média, de 50 mg  $\text{O}_2/\text{L}$  e 121 mg/L, respetivamente. A amostra correspondente à lavagem com Ácido Nítrico apresentou uma concentração, em termos de CQO, de 5,6 g CQO/L.

Em termos de cargas orgânicas associadas às várias fases do processo, assim como à influência do tipo de pasta produzido a análise aos valores obtidos é efetuada considerando os processos e equipamentos considerados anteriormente.

Assim, no processo de lavagem e, considerando o lavador horizontal – tabela nº 40, a carga orgânica associada à produção de pasta papelreira é superior à carga orgânica relativa à produção de pasta solúvel, em termos de massa por hora, enquanto em termos de carga orgânica por tonelada de pasta produzida, este valor é inferior. O facto de a carga orgânica associada à produção de pasta papelreira em termos de pasta produzida ser inferior em termos de pasta produzida, é justificado pelo facto de a produção de pasta papelreira – 12,5 t/h, ser superior à produção de pasta solúvel – 10,4 t/h. Em termos de  $\text{CBO}_5$  a carga orgânica correspondente à produção de pasta solúvel é inferior à obtida para a produção de pasta papelreira, enquanto em termos de carga orgânica por tonelada de pasta produzida, o valor é semelhante, sendo justificado pelo facto de a produção de pasta papelreira ser superior à produção de pasta solúvel.

Quanto às cargas orgânicas, em termos de Azoto Total, a carga orgânica por hora é semelhante para as duas produções de pasta, enquanto em termos de carga orgânica por tonelada de pasta produzida, o facto de a produção de pasta papelreira ser superior, leva a que esta carga orgânica seja menor do que na produção de pasta solúvel.

Considerando o filtrado da pasta à saída do lavador horizontal – tabela nº41. As cargas orgânicas, em termos de CQO, associadas à produção de pasta solúvel são inferiores às obtidas para a produção de pasta papelreira. Isto é justificado não só por a produção de pasta papelreira ser superior à produção de pasta solúvel, mas também pelo facto de a concentração de CQO do filtrado da pasta para a produção de pasta papelreira, ser superior à obtida para a produção de pasta solúvel. Em termos de  $\text{CBO}_5$  os resultados qualitativamente são semelhantes aos anteriores, ou seja, a carga orgânica associada à produção de pasta papelreira é superior à carga orgânica associada à produção de pasta solúvel. Por último, em termos de Azoto Total, a carga orgânica por hora, é superior na produção de pasta solúvel.

No processo de lavagem e relativamente à prensa “DPA 921”, a carga orgânica associada ao filtrado da pasta à entrada – tabela nº45, em termos de CQO, é superior para a produção de pasta papelreira, em relação à produção de pasta solúvel. Isto é

justificável pelo facto de a produção de pasta papelreira ser superior à produção de pasta solúvel, mas também pelo facto da pasta à entrada desta prensa ser pasta proveniente do lavador horizontal e ser diluída com efluente proveniente desta mesma prensa, com concentrações mais altas na produção de pasta papelreira. Em relação à carga orgânica em termos de  $\text{CBO}_5$ , esta é superior na produção de pasta papelreira em termos de carga orgânica por hora e carga orgânica por tonelada de pasta produzida. Este facto é justificável pelo motivo já referido anteriormente, ou seja, a pasta à entrada desta prensa é pasta proveniente do lavador horizontal e é diluída com efluente proveniente dessa mesma prensa, com concentrações mais altas na produção de pasta papelreira. Por fim, em termos de Azoto Total, as cargas orgânicas são superiores na produção de pasta papelreira.

Considerando o filtrado da pasta à saída da prensa “DPA 921” – tabela nº 46, a carga orgânica em termos de CQO, é superior na produção de pasta papelreira, devido essencialmente, ao facto de a concentração, em termos de CQO, do filtrado da pasta neste tipo de produção ser superior. Em relação à carga orgânica em termos de  $\text{CBO}_5$  e Azoto Total, apresentam a mesma tendência, ou seja, a carga orgânica é superior na produção de pasta papelreira. A justificação é idêntica à referida anteriormente.

Considerando a prensa “DPA 928” a carga orgânica do filtrado da pasta à entrada, é superior em dia de produção de pasta papelreira, em todos os parâmetros analisados, como é possível observar na tabela nº48. Este facto é justificável pelo facto de as concentrações, dos vários parâmetros do filtrado da pasta em produção de pasta papelreira serem superiores às obtidas em dia de produção de pasta solúvel.

Analisando a carga orgânica associada ao filtrado da pasta à saída da prensa “DPA 928”, em todos os parâmetros considerados a carga orgânica é superior em produção de pasta papelreira, como é possível observar na tabela nº49. Este facto é novamente justificável pelo facto de as concentrações do filtrado da pasta em dia de produção de pasta papelreira serem superiores às obtidas em dia de produção de pasta solúvel.

Considerando o processo de branqueamento da pasta e o equipamento “Sund 5”, a carga orgânica, em termos de CQO, do filtrado da pasta à entrada – tabela nº52, é superior na produção de pasta solúvel. Isto é justificável pelo facto de esta pasta ser diluída com efluente proveniente desta mesma prensa, de concentração, em termos de CQO, superior na produção de pasta solúvel. O mesmo acontece para a carga orgânica associada ao  $\text{CBO}_5$ , sendo justificado pelas mesmas razões. Em termos de Azoto Total, já acontece o contrário, ou seja, a carga orgânica é superior na produção de pasta papelreira. No entanto a justificação para tal é a mesma que anteriormente, ou



seja, a concentração do filtrado da pasta, em termos de Azoto Total, é superior em produção de pasta papeleira.

Relativamente ao filtrado da pasta à saída do equipamento “Sund 5” – tabela nº53, a carga orgânica por hora, em termos de CQO, é superior na produção de pasta papeleira. Este facto é justificado, não pela concentração do filtrado da pasta, que até é superior na produção de pasta solúvel, mas pelo facto de a produção de pasta papeleira ser superior, em relação à produção de pasta solúvel. Já a carga orgânica por tonelada de pasta produzida, é bastante semelhante para ambas as produções. Considerando agora a carga orgânica, em termos de CBO<sub>5</sub>, esta é ligeiramente superior para a produção de pasta solúvel, facto justificável pela concentração do filtrado da pasta ser superior em produção de pasta solúvel. Por ultimo em termos de Azoto Total, a carga orgânica por hora é ligeiramente superior em produção de pasta papeleira, enquanto a carga orgânica por tonelada de pasta produzida é semelhante para os dois tipos de pasta produzidos.

No equipamento “Sund 4” do processo de branqueamento da pasta, a carga orgânica por hora do filtrado da pasta à entrada – tabela nº56, em termos de CQO, é superior na produção de pasta papeleira. Em termos de carga orgânica por tonelada de pasta produzida, esta é ligeiramente superior para a produção de pasta papeleira. Isto é justificado pelo facto de a produção de pasta papeleira ser superior em relação à produção de pasta solúvel. Em termos de carga orgânica, expressa em CBO<sub>5</sub>, esta é ligeiramente superior na produção de pasta solúvel. Isto é justificado pelo facto de esta pasta (entrada do “Sund 4”) ser pasta que sai do “Sund 5” e cuja carga orgânica é superior em produção de pasta solúvel. Esta pasta à entrada do “Sund 4” é ainda diluída com efluente proveniente deste mesmo “Sund 4”, mas a carga é semelhante para as duas produções de pasta. Por último a carga orgânica por hora, em termos de Azoto Total, é superior em produção de pasta papeleira, sendo a carga orgânica por tonelada de pasta produzida, semelhante para os dois tipos de pasta produzidos.

A carga orgânica, em termos de CQO e CBO<sub>5</sub> para o filtrado da pasta à saída do “Sund 4”, é superior em produção de pasta solúvel. Isto é justificado pelo facto de as concentrações do filtrado da pasta, em ambos os parâmetros, serem superiores em produção de pasta solúvel (Tabela nº57). Já em termos de Azoto Total, a carga orgânica é muito semelhante em ambas as produções de pasta.

Por último efetua-se a análise das cargas orgânicas associadas aos efluentes, em cada fase do processo (reintroduzidos ou não), assim como a influência na carga orgânica do tipo de produção de pasta.

No lavador horizontal, o efluente é denominado “licor fino”. Este possui uma elevada carga orgânica, sendo que uma parte é reintroduzida no processo e outra segue para o processo de evaporação, onde é recuperado para ser novamente utilizado no processo. A carga orgânica por hora é superior em produção de pasta papelreira, em todos os parâmetros analisados. Isto é justificado pelo facto da análise ao “licor fino” produzido em produção de pasta papelreira, revelar uma concentração superior, mas também porque, neste tipo de produção, a pasta produzida ser em maior quantidade. Outro dos fatores que contribui é um fator processual, ou seja, ao lavador horizontal é introduzido efluente proveniente da prensa “DPA 921”, que possui uma maior carga orgânica, na produção de pasta papelreira. Em termos de carga orgânica por tonelada de pasta produzida, o “licor fino” proveniente do lavador horizontal – tabela nº42, em termos de CQO, é muito semelhante para os dois tipos de pasta. Este facto deve-se ao facto de a maior produção de pasta papelreira compensar a maior carga orgânica neste tipo de produção. Assim a diferença nas cargas orgânicas dos dois tipos de pasta produzida é atenuada. A carga orgânica por hora do “licor fino” recirculado – tabela nº 43, é ligeiramente superior em produção de pasta papelreira, pois apesar de a produção de pasta papelreira ser maior, esta não compensa, neste caso, a maior carga orgânica por hora. Relativamente à carga orgânica do “licor fino”, que segue para a evaporação – tabela nº44, esta é superior em produção de pasta solúvel. Neste caso o facto de a carga orgânica por hora na produção de pasta papelreira ser superior à na produção de pasta solúvel, leva a que a carga orgânica por tonelada de pasta solúvel seja superior à carga orgânica por tonelada de pasta papelreira. Em termos de CBO<sub>5</sub> e de Azoto Total, a carga orgânica por hora do licor fino à saída do lavador horizontal, do recirculado e do enviado para a evaporação, é superior na produção de pasta papelreira, como já tinha sido referido, assim como em termos de massa por tonelada de pasta produzida.

O efluente proveniente da prensa “DPA 921”, equipamento do processo de lavagem, é reutilizado no lavador horizontal, e utilizado para diluir a pasta à entrada desta mesma prensa. A sua carga orgânica é superior na produção de pasta papelreira, em todos os parâmetros – CQO, CBO<sub>5</sub> e Azoto Total – tabela nº47, devido essencialmente a que a análise efetuada a este efluente ter apresentado concentrações superiores, em todos os parâmetros, e a uma diferença no processo. Com efeito na prensa “DPA 921” é introduzido efluente proveniente da prensa “DPA 928” na produção de pasta papelreira e água fresca na produção de pasta solúvel, contribuindo para o aumento da carga orgânica do efluente na produção de pasta papelreira, dado que a concentração, nos vários parâmetros, é superior para o efluente

proveniente da prensa “DPA 928”, em relação à água “fresca” utilizada em produção de pasta solúvel. Esta carga orgânica é superior na produção de pasta papelreira em termos de massa por hora e também em termos de toneladas de pasta produzida.

O efluente proveniente da prensa “DPA 928”, uma parte é reutilizada no processo, sendo introduzido na prensa “DPA 921”, em produção de pasta papelreira, outra parte é utilizada para diluir a pasta à entrada desta mesma prensa e o efluente que não é reutilizado é denominado “overflow”, podendo ser efetivamente considerado como efluente, pois o seu destino é a estação de tratamento de efluentes. A carga orgânica é superior na produção de pasta papelreira, em todos os parâmetros analisados – CQO, CBO<sub>5</sub> e Azoto Total – tabela nº50, sendo justificado pelo facto de a análise ao efluente revelar concentrações superiores para a produção de pasta papelreira, em todos os parâmetros analisados.

No processo de branqueamento, o efluente produzida pelo equipamento “Sund 5”, é, parcialmente, reutilizado no processo para diluir a pasta à entrada deste mesmo equipamento. A parte não reutilizada é o efluente rejeitado – o “overflow” deste equipamento. Este “overflow” é encaminhado para a estação de tratamento, e é, dos efluentes encaminhados para a estação de tratamento, o principal do processo. A carga orgânica associada – tabela nº55, é superior na produção de pasta solúvel, nos parâmetros CQO e CBO<sub>5</sub>. Isto é devido ao facto de a concentração deste efluente ser superior, nos parâmetros mencionados, na produção de pasta solúvel, apesar de na produção de pasta papelreira ser adicionado efluente proveniente do equipamento “Sund 4”, o qual possui uma carga orgânica superior na produção de pasta papelreira. Apesar de a pasta papelreira ser produzida em maior quantidade, este facto não chega para compensar a maior carga orgânica por hora, na produção de pasta solúvel.

O efluente do equipamento “Sund 4” é em parte introduzido no equipamento “Sund 5”, e outra parte utilizada para diluir a pasta. O restante efluente constitui o denominado “overflow” que é encaminhado para a estação de tratamento. A carga orgânica associada – tabela nº59, é superior na produção de pasta papelreira, nos parâmetros CQO e Azoto Total. Apesar da concentração deste, em termos de CQO, ser ligeiramente superior na produção de pasta solúvel, o facto de a produção de pasta papelreira ser superior à produção de pasta solúvel, leva à obtenção de uma maior carga orgânica por hora e em termos de tonelada de pasta produzida, para além de que ao “Sund 4” é adicionado um efluente do processo de secagem da pasta – denominado “águas brancas”, que possui uma carga orgânica superior na produção de pasta papelreira. A concentração, em termos de Azoto Total é ligeiramente superior na produção de pasta papelreira o que, associado ao já referido, a carga orgânica seja

superior na produção de pasta papelreira. Por outro lado a carga orgânica por hora, em termos de  $\text{CBO}_5$ , é ligeiramente superior na produção de pasta papelreira. Isto acontece pelo facto de a produção de pasta papelreira ser superior à produção de pasta solúvel, embora o facto de a concentração em termos de  $\text{CBO}_5$  ser superior na produção de pasta solúvel, não ser suficiente para ultrapassar o peso da maior produção de pasta papelreira. No entanto o facto de a produção de pasta ser superior em pasta papelreira, leva a que a carga orgânica por tonelada de pasta produzida seja superior na produção de pasta solúvel, apenas em termos de efluente total produzido. No que diz respeito ao “overflow” ambas as cargas orgânicas, por hora e por tonelada de pasta produzida, são superiores na produção de pasta papelreira.

No processo de secagem da pasta foram identificados três efluentes (efluente proveniente dos hidrociclones, “águas brancas” e água das prensas).

Para o efluente proveniente dos hidrociclones – tabela nº58, a carga orgânica, em termos de CQO e  $\text{CBO}_5$ , é superior na produção de pasta papelreira, devido essencialmente à maior concentração deste efluente, em termos de CQO e  $\text{CBO}_5$ , na amostra proveniente da produção de pasta papelreira. Em termos de Azoto Total, a concentração é muito próxima de zero, não sendo relevante calcular a carga orgânica.

Para o efluente – denominado “águas brancas”, a carga orgânica por hora – tabela nº61, em termos de CQO, é ligeiramente superior na produção de pasta papelreira, já a carga orgânica por tonelada de pasta produzida é muito semelhante para as duas produções de pasta. Embora a concentração deste efluente, em termos de CQO, seja superior na produção de pasta solúvel, o facto de a produção de pasta papelreira ser superior leva a que, em termos de carga orgânica por hora, esta seja superior na produção de pasta papelreira. Já em termos de carga orgânica por tonelada de pasta produzida – tabela nº61, a maior produção de pasta papelreira atenua as diferenças na concentração do efluente nas duas produções de pasta. Considerando a carga orgânica, em termos de  $\text{CBO}_5$ , esta é superior na produção de pasta papelreira, devido à maior concentração, em termos de  $\text{CBO}_5$ , deste efluente correspondente à produção de pasta papelreira.

Quanto ao efluente denominado “água das prensas” proveniente das prensas húmidas, a carga orgânica por hora – tabela nº62, em termos de CQO, é superior na produção de pasta papelreira, apesar da concentração deste efluente ser superior na produção de pasta solúvel. O facto de a produção de pasta papelreira ser superior leva a que, em termos de carga orgânica por hora, esta seja ligeiramente superior na produção de pasta papelreira. Já em termos de carga orgânica por tonelada de pasta produzida – tabela nº60, também em termos de CQO, esta é ligeiramente superior na

produção de pasta solúvel. Este facto deve-se a que a maior produção de pasta papelreira atenua as diferenças na concentração do efluente nas duas produções de pasta, levando até que a carga orgânica por tonelada de pasta solúvel produzida seja ligeiramente superior. No que respeita à carga orgânica, em termos de  $\text{CBO}_5$ , esta é superior em produção de pasta papelreira, devido à maior concentração deste efluente correspondente à produção de pasta papelreira. Por último, em termos de Azoto Total, o facto das concentrações obtidas serem muito próximas de zero, leva a que as cargas orgânicas não sejam relevantes.

Os efluentes provenientes do processo de evaporação do “licor fino”, são encaminhados para a estação de tratamento, e são denominados por condensado “sujo”, condensado “limpo 1009” e condensado “limpo 2001”.

Para o efluente “condensado sujo”, a carga orgânica por hora e por tonelada de pasta produzida – tabela nº65, em termos de CQO, é superior na produção de pasta papelreira. Embora a concentração deste efluente seja semelhante para as duas produções de pasta, o facto de o caudal ser muito mais baixo na produção de pasta solúvel, implica a maior carga orgânica no efluente correspondente à produção de pasta papelreira. Considerando a carga orgânica por hora e por tonelada de pasta produzida – tabela nº65, em termos de  $\text{CBO}_5$ , é superior na produção de pasta papelreira. A concentração deste efluente, em termos de  $\text{CBO}_5$ , é superior no correspondente à produção de pasta solúvel mas este facto não é suficiente para existir uma maior carga orgânica na produção de pasta solúvel, porque o caudal de produção desta pasta é muito menor que na produção de pasta papelreira. Relativamente à carga orgânica por hora e por tonelada de pasta produzida – tabela nº65, em termos de Azoto Total, esta é superior em produção de pasta papelreira, devido à concentração ser superior na produção de pasta papelreira.

Quanto ao condensado denominado “limpo 1009” a carga orgânica por hora e tonelada de pasta produzida – tabela nº63, em termos de CQO, é superior na produção de pasta solúvel. A concentração é semelhante nas duas produções de pasta, mas o facto de o caudal na produção de pasta solúvel ser superior, leva à maior carga orgânica desta. Para a carga orgânica em termos de  $\text{CBO}_5$ , por hora e tonelada de pasta produzida – tabela nº63 também é superior na produção de pasta solúvel. Aqui contribui, não só o maior caudal, mas também a maior concentração deste efluente correspondente à produção de pasta solúvel. Por último a carga orgânica por hora, em termos de Azoto Total, é ligeiramente superior na produção de pasta papelreira, porque esta possui uma maior concentração, embora ligeira, quando comparada com a concentração correspondente à produção de pasta solúvel. Já a

carga orgânica por tonelada de pasta produzida é muito semelhante nas duas produções de pasta, apesar de uma maior concentração do efluente na produção de pasta papaleira, a carga orgânica correspondente é atenuada pela maior produção de pasta papaleira.

A carga orgânica por hora e tonelada de pasta produzida para o condensado “limpo 2001” – tabela nº64, em termos de CQO, é superior na produção de pasta solúvel. Apesar de a concentração ser muito semelhante para o efluente correspondente às duas produções, o maior caudal na produção de pasta solúvel leva a maior carga orgânica nesta produção de pasta. Para a carga orgânica por hora, em termos de CBO<sub>5</sub>, esta é superior na produção de pasta papaleira, devido a este efluente, correspondente à produção de pasta papaleira, possuir uma concentração superior. Já em termos de carga orgânica por tonelada de pasta produzida, esta é superior na produção de pasta solúvel. Apesar de uma concentração superior do efluente correspondente à produção de pasta papaleira, o facto da produção deste efluente associado à produção de pasta papaleira ser superior ao produzido na produção de pasta solúvel, leva a que esta carga orgânica na produção de pasta solúvel seja superior. Por último a carga orgânica por hora e por tonelada de pasta produzida, em termos de Azoto Total, é semelhante para as duas produções de pasta, sendo apenas ligeiramente superior, em carga orgânica por hora, na produção de pasta papaleira, devido a uma maior concentração deste efluente nesta produção.

## 7. Conclusões

As principais conclusões do trabalho realizado no âmbito do estágio realizado na Celulose do Caima são os seguintes:

- A caracterização da pasta, ou seja, a análise do seu filtrado obtido recorrendo a uma prensa, permitiu concluir que a maior influência é proveniente das amostras da pasta papaleira, sendo mais evidente na análise ao filtrado obtido da pasta à saída do lavador horizontal e das prensas “DPA 921 e DPA928”, em termos de CQO e CBO<sub>5</sub>;
- Dos efluentes do processo, a maior influência é relativa às amostras associadas à produção de pasta papaleira. As maiores concentrações obtidas, em todos os parâmetros analisados – CQO, CBO<sub>5</sub> e Azoto Total, derivam dos efluentes provenientes das prensas “DPA921” e “DPA928”;
- Para a carga orgânica por hora e por tonelada de pasta em termos de concentrações de CQO, associada ao filtrado obtido, a maior influência está associada à produção de pasta papaleira. Esta influência é relevante na pasta à saída do lavador horizontal e das prensas “DPA 921” e “DPA 928”;
- Para a carga orgânica por hora e por tonelada de pasta do filtrado obtido, em termos de CBO<sub>5</sub>, a maior influência está associada à produção de pasta papaleira no lavador horizontal e nas prensas “DPA 921” e “DPA 928”, enquanto nos equipamentos “Sund 5” e “Sund 4”, a maior influência, embora de valor menos relevante, está associada à produção de pasta solúvel;
- Para a carga orgânica por hora e por tonelada de pasta produzida, em termos de concentrações de Azoto Total associada ao filtrado obtido, a maior influência está associada à produção de pasta papaleira nas prensas “DPA 921” e “DPA 928”;
- Para a carga orgânica por hora e por tonelada de pasta produzida, em termos de CQO, é à produção de pasta papaleira que está associada a maior influência, nos efluentes relativos ao lavador horizontal – “licor fino”, às prensas “DPA 921” e “DPA 928” e ao “Sund 4”., enquanto no efluente do equipamento “Sund 5”, a maior influência é devida à produção de pasta solúvel;
- Para a carga orgânica por hora e tonelada de pasta dos efluentes em termos de CBO<sub>5</sub>, é à produção de pasta papaleira que é atribuída a maior influência. Esta influência é válida nos efluentes do lavador horizontal e das prensas “DPA 921” e “DPA 928”, enquanto ao efluente proveniente do equipamento “Sund 5” é atribuída à produção de pasta solúvel, a maior influencia na carga orgânica.

Para os efluentes do processo de secagem é, à produção de pasta papelreira, que está associada a maior influência;

- Para as cargas orgânicas em termos de Azoto Total, é à produção de pasta papelreira que é atribuída a maior influência nos efluentes de todos os equipamentos do processo de lavagem e branqueamento assim como do processo de evaporação;
- Para os efluentes do processo de evaporação e para a carga orgânica em termos de CQO, é aos condensados “limpo 1009” e “limpo 2001” é à produção de pasta solúvel que é atribuída a maior influência, enquanto para o condensado “sujo” é a produção de pasta papelreira que é dada a maior influência, embora aqui seja decisiva nas conclusões, devido ao maior caudal do efluente neste tipo de pasta produzida;
- Para a carga orgânica em termos de CBO<sub>5</sub>, a influência do tipo de produção de pasta na carga orgânica respetiva é variável. Assim para o condensado “limpo 1009” a maior influência é da produção de pasta solúvel, enquanto para o condensado “limpo 2001” a maior influência é da produção de pasta papelreira. Também para o condensado “sujo” a maior influência é dada à produção de pasta papelreira, embora neste caso, isto aconteça devido ao maior caudal de efluente neste tipo de produção de pasta;
- Para as cargas orgânicas em termos de Azoto Total, dos efluentes do processo de evaporação, a maior influência é à produção de pasta papelreira;
- Para os “overflows” do processo e para a carga orgânica, em termos de CQO e CBO<sub>5</sub>, é aos efluentes associados à produção de pasta papelreira e aos “overflows” provenientes da prensa “DPA 928” e do equipamento “Sund 4”, que é atribuída a maior influência. Para o “overflow” do efluente proveniente do equipamento “Sund 5”, a maior influencia na carga orgânica por hora e tonelada de pasta produzida é atribuída à produção de pasta solúvel;
- Para a carga orgânica em termos de Azoto Total, e nos “overflows” da prensa “DPA 928” e equipamentos “Sund 5” e “Sund 4” a maior influência é devido à produção de pasta papelreira;
- Como conclusão final, no que diz respeito aos efluentes que são encaminhados para a estação de tratamento, é aos efluentes associados à produção de pasta papelreira que é atribuído um maior peso na carga orgânica associada.



## Bibliografia

- [1] European Commission; *Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry by Integrated Pollution Prevention and Control (IPCC)*; December 2001; Chapter 1.
- [2] European Commission; *Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry by Integrated Pollution Prevention and Control (IPCC)*; December 2001; Chapter 3.
- [3] Procedimento de Gestão Integrada/Manual de Integração – Caima Industria de Celulose.
- [4] Instrução de operação /Digestores – Caima Industria de Celulose.
- [5] Instrução de operação /Condução da Lavagem – Caima Industria de Celulose.
- [6] <http://www.ua.pt/dao/PageCourse.aspx?id=90&b=1&p=2> (consultado em Março de 2012).
- [7] <http://caimaindustriadecelulosesa.pai.pt/> (consultado em Março de 2012).
- [8] Técnica de Análise nº52/02.12; *Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>)* – Caima Industria de Celulose.
- [9] Técnica de Análise nº52/02.15; *Sólidos Suspensos Totais, Fixos e Voláteis (Gravimetria)* – Caima Industria de Celulose.
- [10] Técnica de Análise nº52/01.03; *Teor de Matéria Seca na Pasta* – Caima Industria de Celulose.
- [11] Técnica de Análise nº52/02.28; *Análise do Azoto Total* – Caima Industria de Celulose.
- [12] Técnica de Análise nº52/02.21; *Carência Química de Oxigénio – CQO (Método Colorimétrico)* – Caima Industria de Celulose.
- [13] Declaração Ambiental (excerto) – Caima Industria de Celulose.
- [14] European Commission; *Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry by Integrated Pollution Prevention and Control (IPCC)*; December 2001; Chapter 2.

## Anexo A – Dados necessários para o cálculo de cargas orgânicas.

**Tabela A1** – Valores de consistência da pasta para a amostragem realizada no dia 16 de Abril.

Consistência (%)	Pasta à entrada	Pasta à saída
Lavador horizontal	2,3	16,0
Prensa “DPA 921”	3,65	35,7
Prensa “DPA 928”	3,97	38,9
“Sund 5”	10,9 (Kamyr I)	16,7
“Sund 4”	-	18,6

**Nota:** valores obtidos das folhas de registo do processo.

**Tabela A2** – Valores de consistência da pasta para a amostragem realizada no dia 6 de Junho.

Consistência (%)	Pasta à entrada	Pasta à saída
Lavador horizontal	2,7	13,7
Prensa “DPA 921”	3,92	34,1
Prensa “DPA 928”	3,96	42,7
“Sund 5”	12,1 (Kamyr I)	15,2
“Sund 4”	-	16,4

**Nota:** valores obtidos das folhas de registo do processo.

**Tabela A3** – Caudal de filtrado/efluente proveniente da prensa “DPA 921” introduzido no lavador horizontal.

Dia da amostragem	Caudal de filtrado/efluente (m <sup>3</sup> /h)
16 de Abril	69,72
2 de Maio	75,40
6 de Junho	88,62

**Nota:** valores obtidos das folhas de registo do processo.

**Tabela A4** – Caudal de filtrado/efluente proveniente da prensa “DPA 928” e água “fresca” introduzido na prensa “DPA 921”.

Dia da amostragem	Caudal de filtrado/efluente (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de água “fresca” (m <sup>3</sup> /h)
16 de Abril	-	29,5
2 de Maio	-	32,8
6 de Junho	34,4	-

**Nota:** valores obtidos das folhas de registo do processo.

**Tabela A5** – Caudal de água fresca introduzida na prensa “DPA 928”.

Dia da amostragem	Caudal de filtrado/efluente (m <sup>3</sup> /h)
16 de Abril	28,8
2 de Maio	29,3
6 de Junho	35,2

**Nota:** valores obtidos das folhas de registo do processo.

**Tabela A6** – Caudal de filtrado/efluente proveniente do equipamento “Sund 4” introduzido no equipamento “Sund 5”.

Dia da amostragem	Caudal de filtrado/efluente (m <sup>3</sup> /h)
16 de Abril	96,4
2 de Maio	104,2
6 de Junho	144,8

**Nota:** valores obtidos das folhas de registo do processo.

**Tabela A7** – Caudal de filtrado/efluente denominado “águas brancas” proveniente do processo de secagem introduzido no equipamento “Sund 4”.

Dia da amostragem	Caudal de filtrado/efluente (m3/h)
16 de Abril	96,4
2 de Maio	104,2
6 de Junho	139,8

**Nota:** valores obtidos das folhas de registo do processo.

**Tabela A8** – Valor típico de produção de pasta.

Tipo de pasta	Valor típico de produção (toneladas/hora)
Pasta solúvel	10,4
Pasta papeleira	12,5

**Tabela A8** – Valor típico de caudal de efluente proveniente dos hidrociclones do processo de secagem.

Tipo de pasta	Valor típico de caudal (m3/h)
Pasta solúvel	4,8
Pasta papeleira	5,8

**Tabela A9** – Valor típico de caudal de efluente denominado “águas brancas” proveniente do processo de secagem.

Tipo de pasta	Valor típico de caudal (m3/h)
Pasta solúvel	30,0
Pasta papeleira	36,0

**Tabela A10** – Valor típico de caudal de efluente denominado “água da prensa” proveniente das prensas húmidas do processo de secagem.

Tipo de pasta	Valor típico de caudal (m3/h)
Pasta solúvel	15,5
Pasta papeleira	18,6